
ستيفن هوكنج
العبقرى والكون
تأليف
جون بوزلو
ترجمة
د. مصطفى إبراهيم فهمى
كتاب



سلسلة شهرية تصدر عن دار الهلال

رئيس مجلس الإدارة : مكرم محمد أحمد

نائب رئيس مجلس الإدارة : عبد الحميد حمروش

رئيس التحرير : مصطفى نبيل

سكرتير التحرير : عادل عبد الصمد

مركز الإدارة :

دار الهلال ١٦ مد ... تليفون . ٣٦٢٥٤٥٠ سبعة خطوط

KITAB AL-HII ...

NO ...

العدد ٤٩٨ ذو

اهداءات ٢٠٠١

ا.د. محمد دياب

جراح بالمستشفى الملكي المصري

سوريا ١٠٠ ...

فلس ، السعودية ١٢ ريال ...

٢٠٠ر١ دينار ، الدوحة ١٢ ريال ، دبى / ابو ...

بيسه ، غزة والضفة والقدس ٢ دولار ، لندن ٥٠ر١ جك ، الجمهورية ...

ريال .

العبقرى والكون

(الكون عند ستيفن موكنج)

تعريف بأشهر عالم فى زماننا

تأليف

جون بوزلو

ترجمة

د . مصطفى إبراهيم فهمى

●

دار الهلال

الغلاف تصميم الفنان :

محمـد أبو طـالب

مقدمة المترجم

يدور هذا الكتاب حول واحد من أبرز علماء الرياضة والفيزياء النظرية فى النصف الثانى من القرن العشرين ، هذا إن لم يكن أبرزهم ، وهذا العالم هو ستيفن هوكنج استاذ الرياضيات بكمبردج فى انجلترا .

وقد سبق لى أن ترجمت مؤلفا لهوكنج نفسه هو « تاريخ موجز للزمان » - دار الثقافة الجديدة ، القاهرة - حيث يعرض هوكنج نظرياته وآراءه هو نفسه . على أنى قد وجدت أن كتاب « كون ستيفن هوكنج » لجون بوزلو هو كتاب يعد مكملاً ومتكاملا مع كتاب هوكنج نفسه ، والكتاب من تأليف الكاتب العلمى الأمريكى المشهور جون بوزلو ، وقد كتبه بناء على اتصاله مباشرة مع هوكنج لسنوات عديدة ، بل إنه لم ينشره إلا بعد أن عرض عليه مخطوطته ووافق عليها ، وقد ثابر بوزلو على أن يلتقى مع هوكنج لقاءات حميمة كانت تتواصل أحيانا خلال شهور عديدة ، وتدور فيها أحاديث وحوارات ممتعة ، وكانت محصلة ذلك هى هذا الكتاب الذى يعرض لتاريخ حياة هوكنج ، ونشاطه وتفكيره العلمى منذ كان طالبا

وصراعه الرهيب ضد مرض يصيب الأعصاب والعضلات بالضمور ، وهو صراع انتهى ببقائه حيا ضد المتوقع ، وإن كان قد ظل دائما مقعدا فى كرسى ذى عجلات ، ولكن إقعاد بدنه هذا لم يعق ذهنه الجبار عن الاستمرار فى التفكير الخلاق فى شتى المشاكل الفيزيائية والرياضية فى النظريات التى تدور حول الكون بمجراته وأجرامه السحيقة ، وذراته وجسيماته الدقيقة ، وكيف ينشأ الكون وكيف ينتهى ، بحيث يكاد المرء يعتقد أن هوكنج بمرضه الجسدى هذا قد تحول كيانه إلى مخ صرف ، وهذا فإن هوكنج رغم مرضه تزوج وأنجب ونال درجة الدكتوراه وزمالة الجمعية الملكية ثم كرسى الأستاذية الذى كان يشغله نيوتن نفسه .

وهو أثناء هذا كله ينبثق عنه فيض من نظريات جديدة ومجددة اهتز لها علماء العالم كله ، مثل نظرياته عن إثبات وجود الثقوب السوداء بفعل تقلص النجوم والمجرات ، وعن إثبات نشأة الكون بمفردة الانفجار الكبير . كذلك اسهاماته فى نظرية نشأة الكون كفقاعة . ونظريته عن المبدأ الإنسانى الذى يقول أن الكون هو ما هو عليه لأننا موجودون فيه ، ويبين الكتاب أيضا بعض مالاقاه هوكنج من معارضة كانت تصل أحيانا إلى حد التعنت ، قبل أن يقر الجميع فى النهاية بصحة معظم آرائه ، وكل هذا يُعرض

بأسلوب ممتع جلى يجعل القارئ يحس فى النهاية أن تعبيرات علمية مثل الانفجار الكبير والمفردة هى بمثابة تعبيرات روتينية .

ثم هناك ذلك التطلع فى لهفة إلى ظهور نظرية كبرى موحدة تفسـر كل الفيزياء والكون ، وهذا هو حـلم كل علماء الفيزياء ، وقد انفق اينشتين عشرات السنين الأخيرة من حياته وراء هذه النظرية دون أن يصل إليها ، وفى ملحق الكتاب نص محاضرة هوكنج فى حفل تنصيبه أستاذا بجامعة كمبردج حيث يذكر خلاصة أرائه عن هذه النظرية الموحدة . ترى هل يمكن وجود مثل هذه النظرية الموحدة الكبرى ؟ ربما نجد الإجابة عن ذلك بعد قراءة الكتاب .

وأخيراً لا يفوتنى هنا أن أقدم شكرى للدكتور عبد العظيم أنيس الذى كان له فضل إهداء هذا الكتاب لى .

المترجم

د . مصطفى إبراهيم فهمى

تمهيد

ذات صباح من ربيع ١٩٧٤ ، حُـمل شاب يرتدى حلته لأعلى درجات سلم لصرح ذى أعمدة بيضاء يطل على حديقة سانت جيمس فى لندن . كان هذا الشاب يجلس فوق كرسى ذى عجلات داخل مبنى عنوانه ٦ كارلتون هاوس تيراس ، وقد دفع بكرسيه إلى قاعة اجتماع كبيرة ليتلقى تكريما من أعظم ما يكرم به العلماء فى بريطانيا العظمى : وهو اختياره عضوا فى الجمعية الملكية ، وهى هيئة من أشهر الهيئات العلمية فى العالم .

كان ستيفن وليم هوكنج وقتها فى الثانية والثلاثين ، وبذلك فهو واحد من أصغر من تم اختيارهم للعضوية وقد منح له هذا التشريف بسبب ما أنجزه فى الفيزياء النظرية ، وتستدعى المراسم التقليدية التى ترجع إلى القرن السابع عشر ، أن يمشى الزملاء الجدد المنتخبون إلى المنصة ليصافحوا الرئيس ثم يوقعوا فى سجل الشرف . أما فى مراسم هذه الحالة ، فإن سير ألان هودجكن البيولوجى الحائز على جائزة نوبل ورئيس الجمعية ، هو الذى أنزل سجل الشرف من المنصة إلى كرسى ستيفن هوكنج ذى العجلات عند مقدمة القاعة . وبينما أخذ العضو الجديد يجهد فى إثبات

توقيعه كان ثمة صمت ممدود ، وما إن انتهى من التوقيع بابتسامة عريضة ، حتى انفجر التصفيق المدوى .

وقد قابلت هوكنج للمرة الأولى بعد ذلك بسبع سنوات فى ممر خارج قاعة الاجتماع نفسها التى جرت فيها مراسم قبوله للجمعية ، وتم تعارفنا بواسطة روجر بنروز ، وهو عالم رياضة وفيزياء نظرية فى جامعة أوكسفورد ، وبنروز صديق قديم لهوكنج شاركه أبحاثه ، وهو نفسه قد تم قبوله فى الجمعية قبلها بعامين لا غير ، وكان سبب هذا فى جزء منه هو عملهما المشترك .

وقد عانى هوكنج منذ ١٩٦٢ من مرض يؤدى إلى الضمور ويسمى مرض العصبة الحركية . وقد قضى هذا المرض وئيدا على معظم الوظائف العصبية والعضلية عند هوكنج . فهو لا يستطيع المشى ويتكلم بصعوبة بالغة ، وهكذا حذرنى بنروز هو وآخرون من أنى سأجد حالة هوكنج أسوأ مما قد أتوقع .

والحقيقة أنى صعقت . فهاك أمامى واحد من أبرز علماء العالم تقدما ، وقد قبع متدليا فى كرسيه ذى العجلات ، رغم أنه لا يكبرنى فى السن كثيرا ، وقد قدرت وزنه بما لا يزيد عن ١١٠ أرطال (حوالى ٥٠ كجم) ، ولما كان جد نحيل ، فقد كان من المستحيل تقدير طوله ، وإن كان يبدو أنه متوسط الطول – ربما خمسة أقدام وتسع بوصات ، وكان وجهه مفعما بالشباب ، أما جسده فإن بنيانه العضلى وهشاشته ينتميان لما لرجل عجوز ملازم لفراشه .

وعندما انتهى بنروز من اجراءات تعارفنا ، بدأ هوكنج يتكلم بصوت بلغ من انخفاضه أنه كان عليّ أن أنحنى لأسفل حتى أسمعه ، وبدا أنه يناضل حتى يتكلم ، فصوته أنين مجهد مرقم بالشهقات ، ونظرت إلى بنروز مسترشدا . وبسرعة ترجم إلى ما قاله هوكنج : « سوف أراك فى مكتبى الساعة الحادية عشرة من يوم الثلاثاء القادم » .

وسألت بنروز بعدها إذا كان هوكنج قد مر بنهار مجهد فى ذلك اليوم بالذات . فقال أن الأمر على العكس ، وأنه يعتقد أن هوكنج يبدو بوجه خاص فى أحسن حال .

وقد رأيت هوكنج بعدها مرات كثيرة فى كمبردج وفى الولايات المتحدة ، وفى كل مرة كنت أعجب كيف يمكنه القيام بما يقوم به . إنه لم يمش لفترة تزيد على اثنتى عشرة سنة ، وصوته جد ضعيف حتى أنه لا يستطيع فهمه إلا قلائل ممن هم على صلة وثيقة به ، ومع ذلك فإنه قد أنجز بعضا من أهم الخطوات فى الفيزياء النظرية فى جيله ، مغيرا بذلك من الطريقة التى تنظر بها إلى الكون .

وإذ زادت معرفتى بهوكنج ، أصبحت الحقيقة واضحة لى . إن انجازاته لا ترجع إلى مجرد ماله من إرادة للحياة ، ولا إلى حقيقة أنه قد بقى حيا بعد معاناة ، وإن كان من المؤكد أنه رجل صلب عنيد ، وإنما هو ناجح بسبب عقله وإذا كان مرضه قد ظل يعيث فيه

طيلة عقدين ، سالبا إياه قواه البدنية ، فإنه قد وصل إلى أن يعيش حياة الذهن .

إن ذهن هوكنج هو أقوى أدواته . إنه أيضا عمله ، ولعبته ، ومبعث استجمامه ومتعته – إنه حياته . وكرسيه ذو العجلات يضفى عليه ميزة خاصة فيما يتعلق بأعظم ما يشغل ذلك الذهن : وهو الكون الذى نسكنه ، كيف أتى هذا الكون للوجود ، وكيف يعمل ، وكيف سينتهى ، ولما كان هوكنج إنسان مخ بالكامل ، فإنه يبرهن بذلك على قدرة العقل البشرى على سبر غور الكون عندما يُطلَق هذا الذهن القلق حرا .

الكواركات والأجرام السحيقة

« إن أعظم مغامرة فى التاريخ البشرى وأكثرها مثابرة لهى هذا البحث وراء فهم الكون ، وكيف يعمل ، ومن أين أتى ، ومن الصعب تصور كيف أن حفنة من أفراد يقيمون فى كوكب صغير يدور حول نجم تافه فى مجرة صغيرة ، يتخذون لأنفسهم هدفا هو الفهم الكامل للكون بأسره ، مجرد نقطة صغيرة من الخليقة وتؤمن حقا بأنها قادرة على فهم الكل » .

وصاحب هذه المقولة هو موراى جل - مان ، وهو واحد من مجموعة من الفيزيائيين النظريين الذين شُغلوا بهذه المغامرة . فهم يبحثون وراء تفاعل وحيد يكون فى اللب من هذا الكون ، تفاعل واحد يشرح كل الظواهر التى تحيط بنا

ومهمة البحث عن هذا التفاعل الوحيد لهى من الأهمية حتى لقد راودت إينشتين ، فأنفق السنوات الثلاثين الأخيرة فى حياته فى بحث غير ناجح عن التوحد، ونحن الآن قد اقتربنا بعض الشئ من هذا ، وذلك بعد موت إينشتين بما يقرب من ثلاثين عاما ، على أنه مازال يبدو أن الكون يعمل وفق عدة منظومات من القوانين التى تُعمل مفعولها فى طبقات ، كل منها مستقل عن الآخر .

ومن بين هذه القوانين الأساسية للطبيعة فإن أكثرها وضوحا هو الجاذبية ، التى تتحكم فى أكبر الأشياء فى الكون - النجوم والكواكب ، وأنت وأنا . والقوانين الأساسية الثلاثة الأخرى التى كشف عنها العلماء تعمل على مستوى ما تحت الذرة (أى ما هو أصغر منها) : وهى القوة النووية القوية ، وهى أقوى تزليون المرات من الجاذبية ، وتجعل نواة الذرة متماسكة معا ، والقوى الكهرومغناطيسية التى تحفظ الالكترونات فى مدارها حول النواة ، وتجعل المادة العادية تبدو جامدة ، والقوة النووية الضعيفة التى تسبب التحلل الاشعاعى فى بعض الذرات مثل اليورانيوم .

وإذ تلمّس إينشتين طريقه وسط متاهة من الرياضيات ، فإنه لم يتمكن من التوفيق بين هذه المنظومات المختلفة من القوانين الطبيعية ، وكان يؤمن من قلبه أنه يكمن فيما وراءها حقيقة نهائية بسيطة يمكن بواسطتها تفسيرها كلها كقانون وحيد ، وكان اعتقاده هذا قد بنى على دعوة جمالية صرف ، هى فكرة عن منظومة وحيدة من معادلات لا تقبل الاختزال ويمكن أن تفسر كل شئ .

ولا يؤمن كل الفيزيائيين بإمكان وجود توحد من هذا النوع . فهناك ولفجانج باولى ، المنظِّر النمساوى ، الذى قال مرة مازحا « إن ما بعثره الله لا يمكن لإنسان أن يجمعه » . على أن وجود نظرية موحدة ليس مما يحتاجه العلم فعلا ليستمر فى تقدمه .

والفيزيائيون لا يحتاجون إلى نظرية موحدة إلا بالمعنى الذى احتاج به السير ادموند هلارى إلى تسلق قمة إفرست .

وإذا تم العثور على هذا القانون الموحد ، فإما أنه قد يثبت أنه تقريبا بلا معنى ، وإما أنه قد يقـود إلى عصر ذهبى جديد فى العلم . ولا يعرف العلماء أى هذين الأمرين هو الذى سيحدث ، مثلما لم يكن لديهم أى فكرة عن أن نظرية النسبية الخاصة لإينشتين التى وحدت الكتلة والطاقة ستؤدى إلى عصر الذرة . أو أن نظرية ميكانيكا الكم ، وذلك النظام الرياضى الذى استخدمه الفيزيائيون لتفسير حركة الجسيمات تحت الذرية ، ستستخدم لصنع أول أشعة الليزر . إلا أن النظرية الموحدة قد ظلت وكأنها رؤيا دينية بالنسبة لبعض العلماء ، نظرة للواقع كنظرة زن ، حيث كل القوى وكل المادة فى الطبيعة تأتى من مصدر وحيد .

وعندما نلقى نظرة على العالم اليوم من حولنا فإن التوفيق بين قوى متباينة هكذا يبدو بعيدا عن الإمكان ، والسبب هو أننا نعيش فى كون بارد منخفض الطاقة ، كون يبدو أن القوى فيه مستقرة وغير متصلة ، ولكن الكون لم يكن دائما كما نلحظه اليوم . لقد برد الكون منذ لحظة منشئة بصورة درامية ، وإذ برد الكون الوليد ، فإنه خلف أثرا متصلا من أدلة قد تتبعها الفيزيائيون وراء حتى البداية، ومعظم الفيزيائيين يؤمنون أن مفتاح الكون يقبع هناك فى لحظة

الانفجار الكبير أوما بعدها بزمن قصير . ففى هذه اللحظة ربما كانت القوى الأربع موجودة كتفاعل وحيد فى الطاقة المكثفة للجيشـــان الأولى وذلك لفتـــرة جزء من الثـــانية . ويُـعتقد أن هذا التفاعل هو جد أساسى بحيث أن كل القـوى التـالية له قد انحدرت عنه .

وقد طور الفيزيائيون النظريون نظرية جيدة عما حدث خلال ما يقل عن جزء من بليون الترليون من الثانية بعد الانفجار الكبير ، وقد استخدموا فى ذلك آخر ما تم الوصول إليه من رياضيات إعادة التشكيل ، ورغم أن هذا يعد انجازا رائعا إلا أنه لا يعود بهم وراء فى الزمان بما يكفى لأن يمكنهم من أن يروا فى معادلاتهم اللحظة التى كانت فيها كل قوى وقوانين الطبيعة موحدة .

وفى مراحل لاحقة كان لكل من القوى الأربع زمنا للهيمنة فى تاريخ الكون ، بما يشبه فترات ارتقاء الأحزاب السياسية إلى الحكومات الديموقراطية . والقوة الأضعف فى الكون الذى نسكنه هى الجاذبية ، ولكنها القوى الأكثر انتشارا ، القوة الرئيسية ، وتأثير شد الجاذبية له مفعوله على مدى مسافات هائلة – على المجرات والنجوم والأجرام السحيقة ، والأخيرة هى تلك الموجودة على أبعد المسـافات فى الكون ، وهى أقل ما هو مفهوم من أشـياء الكون ، وقد ظلت الجاذبية هى القوة الرئيسية طيلة ما يقرب من

حياة الكون كلها التى تبلغ أربعة عشر أو خمسة عشر بليون سنة ، وقبل ذلك ، فى الثوانى المعدودة الأولى بعد الانفجار الكبير ، كانت القوى النووية الضعيفة هى السائدة ، وقبل ذلك القوة الكهرومغناطيسية .

ومن المحتمل أن القوى النووية كانت تقريبا تسود بالكامل أثناء أول أجزاء من البليون من الثانية بعد الانفجار الكبير ، وهى لحظة كانت المادة والطاقة فيها شيئا واحدا ، ولم تكن النجوم والمجرات قد نشأت بعد . وفى أجزاء البليون من الثانية السابقة لذلك من تاريخ الكون ، كانت الطاقة من الكثافة بحيث لم يكن من الممكن تمييز أى من القوى الأربع إحداها عن الأخرى ، وعلى الأقل ، فإن معظم المنظِّرين قد أقنعوا أنفسهم بهذا السيناريو .

« إن مهمة الفيزيائى النظرى هى أن يكتشف ، باستخدام كل الوسائل الرياضية المتاحة له ، ماذا حدث قبل أن تبرد الأشياء بما يكفى لأن تنقسم القوى الأربع بحيث أدى ذلك إلى التعمية على التفاعل الأساسى » . كان هذا ما قاله لى شيلدون جلاشو أحد منظرى هارفارد ، ذات يوم مطير فى أغسطس ١٩٨٢ فى مركز أسين الفيزيائى . « إن أفرادا كثيرين ، بما فيهم إياى ، يعملون على هذه المشكلة ذاتها . إلا أن أحدا لم يوضح بعد أن كل التفاعلات كانت فى الحقيقة نفس التفاعل الوحيد فى الكون المبكر جدا » .

وقد قاد جلاشو الطريق للبحث عن التفاعل الأساسى ، وخلال ستينيات هذا القرن حاول - دون نجاح - أن يجمّع بعض الجسيمات المعينة تحت الذرية والتى تعيش حياة قصيرة ، يجمعها بالطرق التى تؤدى إلى هذه القوى الموحدة ، وظلت طريقة تناوله هذه ينتج عنها لانهائيات رياضية لا يمكن أن تصلح ولا يمكن تفسيرها .

أما ستيفن وينبرج الذى كان وقتها فى معهد التكنولوجيا بماساتشوستس ، هو وعبد السلام فى الكلية الامبراطورية بلندن فقد كانا أكثر نجاحا ، وقد أنتج كل منهما على نحو مستقل فى عام ١٩٦٧ منظومة من المعادلات يبدو أنها تثبت أن القوة النووية الضعيفة هى والقوة الكهرومغناطيسية هما نفس القوة الواحدة ، وذلك إذا ما تجاهلنا عوامل تعمية معينة .

ووجه الجمال فى نموذج وينبرج - عبد السلام هو أنه قد تنبأ بأن أحداثا معينة ستحدث تحت ظروف معينة فى معجلات الجسيمات ، وهى تلك الأجهزة التى تسحق الذرات ، ويستخدمها الفيزيائيون لينزعوا عن الذرات طبقاتها الكثيرة ، وقد اشترك وينبرج وعبد السلام وجلاشو فى جائزة نوبل ١٩٧٩ عن هذا العمل .

وفى أثناء السبعينيات أنشأ فيزيائيون آخرون مجموعات مختلفة من الحسابات يُزعم أنها تبين أن القوى الضعيفة والكهرومغناطيسية ليست هى وحدها نفس القوة ، ولكن القوة

القوية التى تجعل نويات الذرات تتماسك معا ، هى أيضا عضو فى نفس العائلة ، وهذا النوع من الحسابات يسمى النظريات الموحدة الكبرى Grand unified theories(Guts) .

وبعض العلماء ليسوا جد واثقين من أن طريقة تناول النظريات الموحدة العظمى تصيب الهدف تماما . فيقول موراى جل - مان « إنها ليست كبرى ولا موحدة . بل ويمكن القول بأنها حتى ليست نظريات - فهى مجرد نماذج فُخم من أمرها » . على أنه يعترف أن هذا التناول قد يكون أكثر تناولاً واعداً لتقصى التفاعل الأساسى .

وجل - مان نفسه هو الذى أنشأ مفهوم الكواركات ، تلك الجسيمات تحت الذرية التى يؤمن معظم الفيزيائيين بأنها المكونات الأساسية للبروتونات والنيوترونات التى تتكون منها نويات كل ذرة فى الكون ، وقبل أن يتصور جل - مان الكواركات ويسميها (التسمية هى بطريقة غير مباشرة عن رواية جيمس جويس «يقظة فينيجان» من سطر فيها هو « ثلاثة كواركات للسيد مارك») كانت فيزياء الجسيمات فى حالة من التشويش ، وقد فشلت فشلا تعيساً فى أن تتواءم مع عشرات الجسيمات الجديدة التى تم العثور عليها فى المعجلات أثناء الخمسينيات وأوائل الستينيات من القرن ، وكنتيجة لتخليق كوارك جل - مان ، أمكن لفيزيائى الجسيمات أن ينظروا مرة أخرى إلى لب الذرة ككون صغير له كيانه الذاتى المنتظم بدرجة أو أخرى .

ويعترف جل – مان بأنه يود أن يرى توحيدا للقوى الأربع ، ولكنه غير واثق من أن ذلك سيتم فى حياته . « حتى الآن لم يستطع أحد أن يبين حتى أن القوى الثلاث التى تعمل من داخل الذرة لها نفس الأصل . ولعل البعض قريبون من تلك . لست أدرى . على أن أحدا لم يبين لى ذلك بعد » .

وماذا عن الجاذبية ، تلك القوة التى نعرفها كلنا تقريبا ؟ أين يكون موقعها الملائم فى نظرية التوحيد الكبرى ؟ ورغم أن فيزيائى الجسيمات قد يكونوا على وشك الوصول إلى نظرية موحدة للكون فيما يتعلق بالقوى الثلاث التى تقوم بالدفع والشد من داخل الذرة ، إلا أن الجاذبية مازالت هى القوة المنعزلة فى الخارج ، وهذا على الرغم من حقيقة أن عالم الكونيات الواسع ، هو وعالَم الذرة الدقيق ، كلاهما سوف يتلاقيان فى النهاية إذ ينظر فيزيائيو الجسيمات للداخل بمعجلاتهم العملاقة وينظر علماء الكونيات للخارج بتلسكوباتهم ، ويأخذ كلاهما فى إدراك أنهما إنما ينظران إلى نفس الشئ .

وهناك مجموعات عديدة من العلماء الذين يعملون على توحيد كل القوى الأربع ويحاولون جمع الجاذبية مع القوى الثلاث الأخرى ، وقد قال لى جل – مان « إن معظمهم لا يدرون ما يفعلون . فهم فحسب يتلاعبون بشتى الحيل الرياضية » . على أنه أقر بشئ من

الحذر بأن ثمة مجموعة واحدة من المنظرين لديهم الفرصة لانجاز بعض التقدم نحو العثور على السر الأعظم للكون .

وهذه المجموعة يرأسها ستيفن هوكنج فى جامعة كمبردج بانجلترا ، ويقول جل - مان « إن هوكنج هو الفرد الوحيد من حزب النسبية الذى يفهم فيزياء الجسيمات . إنه إنسان رائع ، زميل مذهل بما لا حد له » .

ضد المتوقع

ستيفن هوكنج هو الأكبر من أربعة أطفال ينتمون إلى أسرة قارئة ووثيقة الارتباط . وكان أبوه باحثا بيولوجيا فى أمراض المناطق الحارة بالمركز القومى للبحوث الطبية ، وقد ولد ستيفن فى ٨ يناير سنة ١٩٤٢ باوكسفورد ، ونشأ في لندن وفى مدينة سانت ألبانز التى تبعد شمالا بما يقرب من عشرين ميلا ، ودخل فى سن الحادية عشرة مدرسة سانت ألبانز ، وهى مدرسة خاصة كان والداه يأملان أن تعده لدخول جامعة أوكسفورد .

وحينما بلغ ستيفن الثامنة أو التاسعة من عمره ، كان قد أدرك أنه يريد أن يكون عالما ، وكان قد أظهر بالفعل موهبة فى فك الساعات والراديوهات ليعرف كيف تعمل ، والعلم فيما بدا له يكون حيث يمكن العثور على حقيقة الأشياء المحيطة به . على أنه وهو فى سن المراهقة وجد أن الكثير من العلم ليس بجد دقيق : «فالعلوم البيولوجية هى بالنسبة لى وصفية وغامضة بأكثر مما ينبغى » « هكذا قال هوكنج متذكرا . « وبالطبع فإنها قد أصبحت اليوم أكثر دقة بسبب البيولوجيا الجزيئية ، وعندما بلغ الرابعة عشرة ، كان قد قرر أن يصبح من الرياضيين أو الفيزيائيين ، وإذ خشى

والد هوكنج من أن إبنه هكذا لن يجد عملا قط ، فإنه حاول بلا نجاح أن يثنيه عن ذلك .

وفى نفس الوقت تقريبا كان تفكير هوكنج قد اتخذ منعطفا تشككيا ، وعندما بلغ الخامسة عشرة ، حاول إجراء نفس تجارب رمى النرد التى كان يتم اجراؤها فى برنامج ما وراء الحواس بجامعة ديوك فى الخمسينيات ، وبعد أن اتبع تجارب ديوك بدقة لبعض الوقت ، أصبح مقتنعا أن برنامج ما وراء الحواس إنما هو أمر زائف ، وهو يقول الآن « كلما ظهرت نتائج لهذه التجارب اتضح أن التكنيكات التجريبية تكون زائفة ، وعندما تكون التكنيكات سليمة ، لا يكون ثمة نتائج جيدة » .

وحتى اليوم فإنه يعتقد أن البارسيكولوجيا هى مضيعة للوقت ، ويقول ضاحكا « إن الناس الذين يأخذونها مأخذا جديا إنما هم فى الطور الذى كنت فيه وأنا مراهق » .

ورغم هذه الدفعات المؤقتة من النضج المبكر فإنه لم يكن طالبا مبرزاً فى المدرسة الثانوية . وكان والداه فى قلق من أنه ربما يرسب فى امتحان القبول لأوكسفورد ، ولما كان والده خريجا من كلية الجامعة باوكسفورد ، فإنه حاول أن يستخدم صلاته للتأكد من قبوله . إلا أن الأب كان يبخس قدر إبنه . فقد حصل ستيفن على ما يقرب من الدرجات النهائية فى مادة الطبيعة بامتحان القبول

وبلغ من حسن أدائه فى اللقاء الشفوى أنه لم يعد هناك أى شك فى قبوله ، وهكذا فإنه دخل أوكسفورد ١٩٥٩ .

وفى أوكسفورد كان ستيفن طالبا محبوبا ، ومعروفا بسرعة بديهته ، وفى وقت من الأوقات كان هو موجه الدفة فى أحد قوارب التجديف الثمانية بالكلية ، ومعظم من يتذكرونه فى تلك الأيام يتذكرون طالبا طويل الشعر مفعما بالحيوية وله ميل للموسيقى الكلاسيكية وروايات الخيال العلمى . وقد اتخذ فى دراسته مسارا مستقلا متحررا وإن كان موجهه د . روبرت برمان ، يذكر أنه هو وغيره من الموجهين كانوا متنبهين إلى أن لهوكنج تفكيراً من الدرجة الأولى ، « يختلف تماما عن معاصريه » .

فهو بارع جدا فى الفيزياء حتى أنه لا يحتاج فيها إلا لأقل جهد ، ويقول برمان « إن الفيزياء المقررة على الطلبة هى ببساطة مما لا يشكل له أى تحد ، فهو يستطيع حل أى مسألة توضع أمامه دونما أى جهد يذكر » . وذات يوم بعد أن قرأ فى الفصل حلا توصل إليه ، كوم الورقة ورمى بها فى ترفع داخل سلة المهملات .

وقد استطاع هوكنج أن يثبت قدرته على النسيان فى اللحظات الحرجة - أو اللحظات المناسبة . ففى عامه الأخير فى أوكسفورد قدم طلبا للعمل فى وزارة الأشغال البريطانية .ثم نسى بعدها أن يظهر للامتحان ، ولو أنه كان قد نجح فيه لربما انتهى به الأمر إلى العمل فى العناية بالنصب التذكارية .

وعندما حل وقت التخرج ، كان هوكنج يحتاج إلى الحصول على مرتبة الشرف الأولى لينال منحة دراسية لدراسة برنامج فى الفيزياء للخريجين وذلك فى جامعة كمبردج ، المنافسة القديمة لأوكسـفورد والتى تقع على مبعدة ثمانين ميلا بالشمال الشرقى منها . ودار اختبار شفوى حرج أجاب فيه هكذا عندما سأله أحد الممتحنين عن خططه : « لو حصلت على المرتبة الأولى ، سأذهب إلى كمبردج ، ولو حصلت على الثانية ، سأبقى فى أوكسفورد ، وهكذا فإنى أتوقع منك أن تعطينى المرتبة الأولى » ، والذين يعرفون هوكنج يتفقون على أن هذا هو هوكنج خالصا .

وقد علق د . برمان فى وقت لاحق عن لقاء هوكنج بممتحنيه بقوله « إنهم على الأقل كانوا من الذكاء بما يكفى لأن يدركوا أنهم يتحدثون إلى شخص أذكى منهم » . وتلقى هوكنج مرتبته الأولى ودخل برنامج الدراسة للخريجين بكمبردج فى السنة التالية .

وفى ذلك الوقت كان هوكنج قد استقر رأيه على أن يكون مستقبله فى العمل فى الفيزياء النظرية ، للتخصص فى علم الكونيات . وكان قد فكر فى مجالات أخرى فى الفيزياء ، ولكن هذا لم يكن إلا لزمن وجيز ، وذات مرة أثناء دراسته لمقرر صيفى خاص فى مرصد جرينيتش الملكى ، قام بمسـاعدة سير ريتشارد وولى فى قيـاس مكونات نجم مزدوج ، وكان وولى وقتهـا عالم الفلك

الملكى لبريطانيا العظمى وعندما نظر هوكنج من خلال تلسكوب المرصد ، أصابه احباط عميق إذ رأى مجرد نقطتى ضوء ضبابيتين يدخلان ويخرجان من نقطة بؤرة المنظار .

ومنذ ذلك الوقت فإنه لم ينظر من خلال تليسكوب إلا مرة أو مرتين ، وظل لا يتأثر بعلم الفلك الرصدى . فالنظرية هى دائما أكثر إثارة لهوكنج ، والنظريات الأكثر إثارة عن غيرها هى نظريات علم الكونيات ، لأنها تتناول ذلك السؤال ، وهو من أين يأتي الكون ؟ وأثناء وجوده فى مدرسة الخريجين بدأت تظهر عليه العلامات المبشّرة بعالم فيزياء نظرية سيصبح فى القمة ، وكان روجر بنروز وقتها باحثا مشاركاً فى كلية الملك فى لندن ، وهو يذكر أول لقاء له بهوكنج فى تلك الأيام ، ويقول بنروز متذكرا « كان معتادا على أن يسأل أكثر الأسئلة إحراجا ، أسئلة يصعب جدا الإجابة عنها ، وهو دائما يسدد ضربته مباشرة إلى أضعف جزء فى حجتك . على أنه لم يكن من السهل وقتها أن يتنبأ المرء بما سيصبح عليه هوكنج من فكر أصيل » .

وبدأت علامات المرض الخطير تظهر عليه فى بداية أول سنة فى مدرسة الخريجين - نقص فى القدرة على استخدام اليد وشلل بسيط جعل من الصعب على هوكنج أن يربط حذاءه ، وجعل من الصعب عليه أحيانا أن يتحدث ، وبعد شئ من الصعوبة فى أول

الأمر ، تمكن الأطباء من تشخيص مرضه ، وهو ضمور عضلى من تليف الجانب الوحشى ، أو مرض العصبة الحركية ، وهو مرض نادر يمكن أن يسبب الإقعاد ، ويسمى أحيانا بمرض « لو جريج » على إسـم لاعب البيسـبول الذى كان الضـارب الأول لفـريق يانكى والذى مات به ، وقد أودى نفس هذا المرض بحياة دافيد نيفن فى ١٩٨٣ .

ومرض العصبة الحركية يتميز بالتحلل التدريجى لخلايا عصبية فى النخاع الشوكى والمخ وهى الخلايا التى تنظم النشاط العضلى الإرادى ، وأول الاعراض هى ضعف فى الأيدى وانتفاضات فى عضلاتها قد يصحبه تعثر فى الكلام أو صعوبة فى البلع ، وإذ تتوقف العصبات عن القيام بوظيفتها فإن ما تتحكم فيه من عضلات يصيبها الضمور ، ويتزايد ما يصيب ضحية المرض من عجز وإن بقى الذهن سليما . وتحدث الوفاة عادة إما من الإلتهاب الرئوى أو الاختناق ، وذلك عندما تصاب العضلات التنفسية فى النهاية بالفشل .

وكان الأطباء يأملون أن يصل مرض هوكنج إلى حالة مستقرة ، ولكن حالته ظلت تتدهور ، وقدر له أنه سيعيش لعامين فحسب . ويقول هوكنج متذكرا « كما يمكن فهمه فقد أصابنى الاحباط تماما من هذا التوقع لسير المرض » . ودفعه ترقب الموت المبكر إلى التبلد

بالاكتئاب طيلة عامين ، وهى فترة لم ينفق فيها فى أبحاثه إلا زمنا قليلا بينما أنفق معظم وقته فى حجرته وهو يستمع إلى الموسيقى الكلاسيكية – لفاجنر فى معظم الوقت – ويقرأ روايات الخيال العلمى . كما أنه أيضا بدأ « يشرب بكمية لها قدرها » .

أما موجهه ، وهو منظّر اسمه « دنيس اسكياما » ويرأس جماعة النسبية العامة فى كمبردج ، فكان يدرك مدى امكانات طالبه كما كان أيضا فى قلق بشأن مرضه . « إنه دائما لديه احساس بما كنا نناقشه ، وبالنسبة للطلبة الآخرين اللامعين ، فقد يستغرق الأمر معهم عـامين . أما ستيفن فلم يستغرق الأمر معه سوى شهر واحد ، وهو دائما يقول : « ولكن .. بالنسبة لكل مقولة تذكرها له »، وسمح سكياما لهوكنج أن ينغمس فى اكتئابه ، وإذا كان هوكنج يريد أن يغيب بالشراب لينسى متاعبه فلا بأس ، أما إذا كان لا يريد أن يعمل فى بحثه ، فان هذا سئ للغاية . على أن سكياما رفض ما طلبه والد هوكنج بأن يساعد إبنه على إنهاء أطروحته مبكرا .

وبمرور الشهور ، بدأت حالة هوكنج تستقر فى النهاية ، وادرك أن الموت لم يعد وشيكا ، وارتفعت معنوياته ، وعادت قدراته الطبيعية إلى الظهور بتشجيع أصدقائه وعائلته وموجهه . وبدأ أيضا يتبين أن عمله إنما يدور فى مجال عقلى صرف – مجال

لا يكاد يتطلب أى مهـارة بدنيـة فى الإنســان ، والمرض لم يؤثر فى ذهنه ، وهكذا لن يؤثر فى عمله ، واختفى الاكتئاب وأخذ سكياما يدفعه للنشاط ، وبدأ يعمل ثانية فى أطروحته .

وفى ذلك الوقت وقع واحـد من أهم الأحداث فى حياة هوكنج : فقد حضر حفلة قابل فيها جين وايلد ، وهى طالبة تدرس اللغات فى لندن . وفى ١٩٦٥ ، بعد عامين من علاقة تودد ظلت تجرى بين لندن وكمبردج ، تم زواجهما ، وتقول جين « حين عرفته لأول مرة كان عنده بالفعل بدايات مرضه ، وهكذا فإنى لم أعرف قط ستيفن وهو فى كامل صحته وبدنه ، وقد اتخذت قرارى ببساطة بما سأفعله ، وقد فعلته » .

كان زواج هوكنج هو نقطة التحول . « لقد جعلتنى مصمما على أن أعيش وأواصل طريقى . فجين فى الحقيقة قد أعطتنى الإرادة لأن أعيش » .

وكل من يعرف جين وايلد هوكنج يصفها بأنها امرأة رائعة ، وفى أثناء السنة الأولى لزواجهما ظلت على سفر ما بين لندن وكمبردج حتى تتمكن من انهاء دراستها للتخرج ، وفى نفس الوقت فإنها طبعت أطروحة بحث زوجها على الآلة الكاتبة . وظلت طيلة ما يقرب من عقدين وهى ترعى احتياجات هوكنج الجسمانية ، وتضمن لأسرة هوكنج أن تعيش نسبيا عيشة طبيعية ، بالرغم من عجز

هوكنج وبالرغم أيضا من الشهرة التي لحقت به أخيراً ، وقد ولد أول أطفالهم روبرت في ١٩٦٧ ، وبعدها بثلاثة أعوام ولدت الإبنة لوسى ، ثم ولد تيموثى فى ١٩٧٩ .

ومع أن جين هى والأفراد الآخرين المحيطين بستيفن يعملون على حمايته بقدر ما ، فإنهم جميعا ينزعون إلى تجاهل حالته ، وقد قالت جين ذات مرة « لا يقوم ستيفن بأى تنازلات بالنسبة لمرضه ، وأنا لا أقوم بأى تنازلات لستيفن » ، والمشكلة الرئيسية فى حياتهما ليست هى حالة زوجها البدنية ، وإنما المشكلة أنها لا تستطيع أن تتابع كل التفاصيل فى عمله فى الفيزياء النظرية .

وأثناء السنوات الثلاث التالية لحصوله على الدكتوراه ، عمل هوكنج كباحث مشارك فى كمبردج وبدأ فى المساهمة مع بنروز فيما أصبح بعدها أول عمل بحث رئيسى له ، الاثبات الرياضى لبداية الزمان ، ومرة أخرى أخذت حالته الجسمانية تسوء ، وبحلول أوائل السبعينيات أصبح هوكنج باستمرار ملازما لمقعده ذى العجلات ، ولكن ذهنه وقتها أصبح متوقدا ، وكان قبوله فى الجمعية الملكية فى ١٩٧٤ نصرا مذهلاً لرجل كان يعتقد منذ عشر سنوات أنه لن يعيش لعيد ميلاده الخامس والعشرين .

كانت هذه سنوات سعيدة لجين وستيفن هوكنج فى العمل وفى الحياة الشخصية معا ، ومن وقتها ظلت حالته مستقرة بشكل أو

آخر ، وإن كان بعض زملائه يعتقدون أنه قد أصبح من الصعب عليهم أن يفهموه فى السنة أو السنتين الأخيرتين ، ويخشى البعض من أصدقائه ، خاصة الذين لا يرونه بانتظام ، من أن حالته العامة قد بدأت تسوء ثانية فى السنوات المعدودة الأخيرة .

ويعمل هوكنج فى مبنى قذر من الطوب يضم قسم الرياضة التطبيقية والفيزياء النظرية ، ويبدو وكأنه مصنع مهجور من القرن التاسع عشر هو فى حالة ضياع بين الواجهات والأبراج القوطية فى كمبردج ، وبابه الرئيسى يواجه زقاقا متفرعاً من شارع سيلفر، وفى زقاق آخر تجاه مؤخرة المبنى ، ثمة منحدر من خمسة وعشرين قدما يستخدمه هوكنج ليدخل إلى المبنى من خلال باب دوّار ، وهو يتنقل كل يوم بواسطة كرسى ذى عجلات له محرك وينقله من بيته الذى يشغل الدور الأرضى من منزل فيكتورى بشارع وست عل بعد ما يقرب من نصف الميل .

ومكتبه الذى يتجه إلى حجرة انتظار كئيبة ليس فيها ما يرحب ، هو مكتب علمى فظ . وهو يحوى أرففا من مراجع الفيزياء ، وشاشة الكمبيوتر ، وصورا لثلاثة أطفال وسيمين ، ومقلّب صفحات خاص . ناضل هوكنج ضد البيروقراطية ليحصل عليه ، وهناك أيضا تليفون مجهز تجهيزا خاصا يقبع الآن بلا عمل ، وقد علقت على الجدران قوائم لأوراق بحث علمية بشريط لاصق بحيث يمكنه رؤيتها بسهولة .

ويكاد يستحيل أن تفهم هوكنج عند لقائه لأول مرة ، وبعد أن استمعت عن قرب ولساعات عديدة إلى صوته الرقيق الرتيب - الذى ترجمته لى جودى فيلا ، الشابة التى كانت تعمل آنذاك سكرتيرة له - وجدت أنى أستطيع أن أفهم ما يقرب من نصف ما يقوله . على أن بعض الكلمات لم تكن مفهومة حتى لفيلا ، التى ظلت تعمل معه لسنوات ، وكان هوكنج يضطر إلى تهجيها ، وقلت له بما أثار سروره ، أنه بالنسبة لى كأمريكى فإن جزءا من مشكلة فهمه هو بسبب لكنته الانجليزية .

وأثناء عمل هوكنج ، يحدث أحيانا ان يتدلى جسده لأسفل فى كرسيه ذى العجلات ، وأحيانا يهوى رأسه على صدره . وهو لا يكاد يتحكم فى رأسه ووجهه ، وأحيانا قد تنقلب ابتسامته إلى عبوس ، ومع ذلك فعندما دخلت أول مرة إلى مكتبه ، حيانى هوكنج بابتسامة فيها شقاوة ، وعيناه الزرقاوان تومضان من خلف عدسات نظارته السميكة .

وكان شعره البنى الذى تناثر فيه الشيب مصفوفا بطريقة البيتلز القديمة ، وهو عادة يرتدى الزى التقليدى للعلماء : سربال فضفاض ، وربطة عنق بالغة البهرجة وكثيرا ما تكون غير متلائمة مع القميص ذى الأقلام العريضة ، وسترة رياضية من التويد أو المربعات ، وحذاء أكاديمى لين أو حذاء برقبة من الواضح أن نعليهما لم يستخدما .

وهوكنج يفكر مترويا فى حرص قبل أن يتكلم بحيث لا يكون عليه أن يكرر حديثه ، وهو لا يهدر الكلمات واحيانا بعد أن يتوقف عن العمل لدقائق معدودة - لبعض أعمال السكرتارية أو لشرب الشاى - فإنه يستأنف الحديث من نصف الجملة تماما حيث كان قد توقف ، وهو يتجاهل كلية قيوده الجسمانية حتى أننى وجدت نفسى بعد فترة أفعل نفس الشئ .

وذات يوم أثناء حديثى معه ، كنت قد نسيت تماما حالته حتى أنى أخذت أتحدث دون حرص عن مشكلة أعانيها من مرفقى كنتيجة لمباراة فى الاسكواش أديتها فى لندن فى اليوم السابق ، ولم يعلق هوكنج ، وببساطة وجه كرسيه إلى خارج الغرفة وانتظرنى فى البهو لأعود إلى الموضوع الذى كنا نتناوله ، وهو الفيزياء النظرية .

وهوكنج فى معظم أيام عمله لا يفعل إلا أن يفكر ، وهو ينفق الكثير من وقته فى إنشاء طرق تناول جديدة لمشاكل الفيزياء . وذات صباح قال لى أحد زملائه ، وهو أيان موس « إن ستيفن يطلع علينا بأفكار من كل نوع . أما بقيتنا نحن فلا نفعل إلا أن نختبر هذه الأفكار لنرى إن كانت صالحة » .

وهوكنج يحظى بذاكرة خارقة ، وهو يستطيع أن يحل ويحفظ فى ذهنه معادلات معقدة بما يملأ صفحة إثر الصفحة ، وينسج

الهيروغليفيات الرياضية معا كما يرتب الشخص العادى الكلمات فى جملة ، ويقول ورنر إسرائيل ، وهو فيزيائى نظرى من جامعة ألبرتا وشريك هوكنج فى تأليف كتاب « النسبية العامة » ، أن النتاج الفذ لذاكرته يماثل ما كان يقوم به موتسارت من تأليف سيمفونية بأكملها فى رأسه .

وزملاؤه دائما يذهلهم ما يتذكره هوكنج ، وتقول سكرتيرة عملت معه أثناء زيارته لمعهد التكنولوجيا بكاليفورنيا أنه تذكر ذات مرة بعدأربع وعشرين ساعة خطأ بسيطا ارتكبه وهو يملى عليها – من الذاكرة – أربعين صفحة من المعادلات .

وقد أخبرنى أحد طلبة هوكنج أنه ذات مرة وهو يسوق السيارة بهوكنج إلى لندن لمؤتمر للفيزياء ، تذكر هوكنج رقم صفحة فيها خطأ صغير كان قد قرأه فى كتاب منذ سنوات مضت ، ويقول فيزيائيون آخرون أن المعادلات المعقدة التى تتدفق من ذهنه مكتملة فى التو لهى معادلات حاذقة ومهمة معا – إنها الجوائز النهائية لعالم فيزياء نظرية .

وأعمال هوكنج قد شدت إلى كمبردج مجموعة مبرزة من الفيزيائيين النظريين من جانبى الأطلسى ، وهم يجتمعون معظم الأيام عند الغداء ومرة أخرى عند تناول الشاى ليسهموا مع هوكنج بحكمتهم وقريحتهم . والجلسة تنتمى إلى تقاليد المعاهد فى القرن

التاسع عشر . أما موضوع النقاش فينتمي إلى روايات الخيال العلمي في القرن الواحد والعشرين ، ويتواثب الحديث من الإزاحة الحمراء وتأثيرات الكم إلى الثقوب السوداء والمفردات عند بدء الزمان ، والسنين الضوئية التي تتجاوز ما يحيط بنا .

والحديث سريع ، ترقمه تعليقات ساخرة . وإذ يرتكب ستيفن خطأ رياضيا تافها يصيح أحد طلبة التخرج « هاك ، إن ستيفن قد لاحت عليه الشيخوخة » . ويبتهج هوكنج بمثل هذه التعليقات ، ويمكن أن تكون الجلسة هي الذروة لهذا اليوم . وذات مرة أخبرني واحد من طلبته أن جلسة الشاي مع ستيفن قد يكون فيها ما ينور بأكثر من دورة دراسية كاملة عند شخص غيره .

ومن المذهل أن هوكنج قد أمكنه انجاز ما أنجزه ، والحقيقة أن الأطباء يعتقدون أن بقاءه حيا لهو معجزة ، وقد أخبرني طبيب أمريكي له دراية بمرض هوكنج أن كل يوم يعيشه يسجل به طبيا رقما قياسيا جديدا .

ويهز زملاء هوكنج رءوسهم عند سماع التعليقات الدرامية من هذا النوع ، ويقول واحد من طلبته السابقين ، وهو مالكوم بيرى الذي يعمل الآن كعالم فيزياء في جامعة برنستون ، « إن ستيفن هو ستيفن وحسب . إنه لا يأخذ الأمر بجدية بالغة ، وهكذا فإننا أيضا لا نفعل ذلك » .

أما جيرالد واسربرج الذى يعمل كعالم جيولوجيا وفيزياء فى معهد التكنولوجيا بكاليفورنيا ، فقد قابل هوكنج فى عدة مؤتمرات ، وهو يقول عنه ، « إنه من أكثر الأمثلة إذهالا فى تاريخ العالم بالنسبة لقوة الذكاء البشرى » .

على أن هوكنج ليس بلا نقاد له فى مجتمع الفيزياء الضيق المحكم ، وقد قال لى ذات مرة واحد من قمم المنظرين فى برنستون « إنه يعمل على نفس الأشياء التى يعمل عليها كل واحد غيره وهو فحسب يحظى بالكثير من الانتباه بسبب حالته » ، وقد اتهمه فيزيائيون آخرون بأنه يبالغ فى دراميته وكثرة نقاشه فى المؤتمرات العلمية . ورغم هذه المنازلات مع زملاء حساسين وغيورين ، فإن أعمال هوكنج قد حظيت بتقدير واسع . وقد نال فى ١٩٧٨ جائزة البرت إينشتين ، التى يعدها البعض أعلى تشريف فى الفيزياء النظرية .

وقد نال فى ١٩٨٢ شهادات شرفية من نوتردام ، وجامعة شيكاغو ، وبرنستون ، وجامعة نيويورك ، وقد منحته الملكة اليزابيث لقب كوماندور بالامبراطورية البريطانية ، وكثيرا ما لقبت وسائل الأعلام هوكنج بأنه بمثابة رد النصف الثانى من القرن العشرين على إينشتين ، وهوكنج نفسه يفند مثل هذه الأفكار بإحدى ملاحظاته النمطية : « ينبغى ألا تصدق كل ما تقرأ » .

عينا جاليليو

طرح ستيفن هوكنج علىّ أن جاليليو جاليلى ، عالم الفلك فى القرن السابع عشر ربما كان سيصبح أحسن عالم فى القرن العشرين ، ويقول هوكنج « إنه أول عالم بدأ بالفعل فى استخدام عينيه ، بالمعنى الفعلى والمجازى . وهو بهذا المعنى مسئول عن عصر العلم هذا الذى نستمتع به الآن » .

« وهو قد اســـتخدم عينيه بما هو مفيد . فكان يعرف ما الذى رآه ، ويتصرف حسب ذلك . وهو يعرف كيف يصل إلى الاستنباطات الصحيحة ، وما إن يعرف أنه على صواب ، فإنه يتمسك بذلك » ، ويعتقد هوكنج أن علماء اليوم ، بعد ما يقرب من ٣٤٠ سنة من موت جاليليو ، مازالوا يستطيعون الافادة نوعا ما من نفس الموقف .

« إن العلماء اليوم عليهم أن يكونوا مثل جاليليو ، مستعدين لأن يخطــو خارج التيار الرئيسى ، ليخرجــوا إلى ما يتجــاوز الأفكار المقبولة السائدة ، وهذه هى الطريقة التى يصنع بها التقدم » . وضحك هوكنج ضحكا يكاد يكون صامتا لثوان معدودة . « وبالطبع فإن عليك أن تعرف أى طريق ستخطو إليه » .

وفى كل أسبوع ترد إلى هوكنج خطابات عديدة من أناس خارجين تماما عن التيار الرئيسى . وهى تسليه نوعا . وقد عرض علىّ ذات مرة خربشة همجية من المعادلات على صفحة واحدة أرسلها رجل من متشيجان ، وقال هوكنج « إنه يظن أنه قد وصل إلى سر الكون . ولكن هذا الرجل ليس بجاليليو » .

وجاليليو هو بالنسبة لهوكنج الجد الثقافى المباشر - كما كان كذلك أيضا بالنسبة لاينشتين ونيوتن - وذلك بمعنى أنه كان أول من عرّف الجاذبية ، وهى أكثر قوى الطبيعة انتشارا وإن كانت بالمفارقة أضعفها ، وبعد جاليليو اقتصر الأمر على تصحيح التفسير الأصلى أو إعادة تعريفه وتعديله . فقام نيوتن باصلاح وتهذيب عمل جاليليو ، أما إينشتين فقد صقل ووسع قوانين نيوتن الأساسية لتشمل الكون كله . والآن فإن هوكنج وغيره من علماء الكونيات يحاولون نفس الشئ مع نسبية إينشتين العامة ، وهى التفسير الحديث للجاذبية أى القوة التى تعد أكبر شاغل لمعظم علماء الكونيات .

وعندما نشر إينشتين فى ١٩٠٥ أوراق بحثه الثلاث فى الجزء ١٧ من المجلة الألمانية العلمية " سنويات الفيزياء " فإن أفكاره هذه كانت ثورية ؛ على أنه لم يكن من الواضح وقتها أن أوراق البحث هذه سوف تغير مسار تاريخ العلم . وكانت الورقة الأولى تتناول

الميكانيكا الاحصائية ، أما الثانية التى كان يعدها الورقة الأهم فكانت تتناول الظاهرة الضوء كهربية .

أما الورقة الثالثة فكانت هى القنبلة . لقد قدر لها أن تغير للأبد الطريقة التى ننظر بها إلى الزمان والمكان ، وهى تحدد نظرية النسبية الخاصة ، كما سميت بعد ذلك ، وقد تناولت المأثور القديم من أن الفضاء يتكون من أثير تتخلله المادة ، وأن الزمان يعمل بمثل ما ينساب النهر . وكانت هذه أفكارا قد ظلت تسيطر على العلم لمئات السنين .

وقد بين اينشتين أن الزمان والمكان ينبغى تعريفهما بمصطلحات يمكن استخدامها عند العلماء - وليس عند الشعراء أو الفلاسفة . فهى مما ينبغى أن يكون كميات يمكن للرجال العاديين أن يقيسونها باستخدام أدوات عادية - وليس مجرد تجريدات لا فائدة منها علميا . ولا يوجد ما هو أكثر من ذلك سواء بالنسبة للمكان أو الزمان . لقد كان ذلك حلا مباشرا من القرن العشرين لمشكلة من القرن التاسع عشر .

وإينشتين وقد ألغى هكذا بجسارة أفضل فكر للمائتى عام السابقة ، فإنه يطرح فرضين : أحدهما أنه أيا ما كانت حركة مصدر الضوء ، فإن الضوء ينتقل بسرعة ثابتة . وليس فى هذا جديد . فكل قياس تم حتى وقتها كان فيه ما يؤدى لذلك ، وكان من

الراسخ تماما أن الضوء ينتقل بسرعة ١٨٦,٠٠٠ ميل فى الثانية (والرقم الدقيق الذى يستخدم الآن هو ١٨٦,٢٨٢ ميل فى الثانية) . إلا أن أحدا من كبار العلماء التجريبيين وقتها لم يكن يود أن يؤمن بدلالات ذلك البرهان الذى يقبع أمامهم مباشرة .

ولم ير أحد ما رآه اينشتين ، من أن سرعة الضوء هى دائما نفس السرعة ، وأنها لا تتغير مهما كان مصدرها أو اتجاهها . وإذ ثبت صدق ذلك ، فإن إينشتين كتب فى ورقة بحثه الثالثة ، أنها أيضا لا تتغير مهما كان المكان الذى يأتى منه الضوء . وبكلمات أخرى ، فإن سرعة الضوء ثابتة خلال الفضاء الخاوى حتى ولو كان مصدره يتحرك سريعا جدا - مثل مجرة أو نجم .

وكانت هذه فكرة من هرطقة تبدو وكأنها تنتهك الحس المشترك . فهى تعنى أن الضوء المنبثق عن نجم يتحرك نحونا تكون له نفس سرعة الضوء المنبثق عن نجم يتحرك بعيدا عنا . وهذه فكرة كانت ومازالت تثير البلبلة . ومن المنطقى أن نفترض أن رصاصة تنطلق من بندقية من فوق قطار يتحرك ستكون سرعتها هى سرعة الرصاصة مضافا إليها سرعة القطار .. أى سرعة أكبر من رصاصة من بندقية ثابتة .

ويقول إينشتين أن الأمر نفسه لا يصدق على الضوء : فسرعته دائما ثابتة ، وكنتيجة لذلك فإن سرعته تختلف عن سرعة أى شىء

آخر . فالرصاصة أو القمر أو الكوكب تكون سرعتها دائما منسوبة لشيء آخر . أما سرعة الضوء فلا تنسب لأى شيء ، إنها ثابت مطلق ، ودائما نفس الشيء .

والفرض الآخر هو أن من يجرى التجربة لا يستطيع أن يكتشف إلا الحركة النسبية . وبكلمات أخرى ، فإنه بالنسبة لشخص يقف على رصيف محطة بينما القطار يمر بها مسرعا ، فإن القطار هو الذى يتحرك وليس الرصيف . إلا أنه بالنسبة لشخص آخر فى القطار فإنه يمكنه أيضا أن يتصور أنه والقطار يقفان ثابتين بينما الشخص الذى على الرصيف هو وكل شيء آخر هناك يمر به مسرعا .

وهذان الفرضان - الأول الذى يفترض أن كل الحركة نسبية ، والآخر الذى يستثنى من ذلك سرعة الضوء حيث أنها ثابت مطلق ليبدوان فرضين متناقضين . إلا أنهما فى عالم النسبية الخاصة لا يتعارضان ، وقد أدى الفرضان إلى إلغاء فرض نيوتن الأساسى بأن الزمان مطلق ، وبأنه مثل النهر ينساب دائما من الماضى إلى الحاضر .

وللبرهنة على ثبات سرعة الضوء ، ونسبية كل حركة أخرى ، استخدم إينشتين تجارب فكرية مثل التالى : لو أن شخصا على رصيف المحطة رأى صاعقتين تبرقان ، إحداهما بعيدة إلى الشرق

والأخرى بعيدة إلى الغرب ، وهما تضربان الشريط الحديدى فى نفس الوقت ، فمن المنطقى أنه سوف يستنتج أنهما قد حدثتا فى نفس الوقت . ولكن لو كان أحد الأشخاص فى قطار يتحرك بسرعة كبيرة من الشرق إلى الغرب وكان القطار عند الرصيف مباشرة ، فسيبدو له وكأن البرق فى الغرب قد حط أولا .

والسبب حسب إينشتين ، هو أن الملاحظ الذى فى القطار يتحرك تجاه البرق الذى فى الغرب ، ولما كانت سرعة الضوء ثابتة ، فإن ضوءه يصل إليه أسرع قليلا عما يصله ضوء برق الشرق . والشخص الذى على الرصيف يرى البرقين متزامنين ، بينما الراصد الذى فى القطار يرى أحدهما أولا ثم الآخر . وكل منهما سيسجل ظواهر مختلفة هى فى الحقيقة واحدة . وفوق ذلك ، فلو أن البرقين وقعا فى وقتين مختلفين هونا ، وكانا برق الشرق أولا ، فإن الشخص الذى فى القطار هو الذى سيسجل أنهما قد ومضا متزامنين معا .

أى الملاحظين هو المخطىء ؟ كلاهما على صواب ، حيث الأمر يعتمد على تحديد إطار المرجعية عندهما – القطار أو الرصيف . وباستدلال مماثل ، بين إينشتين أن الزمان والمكان مرتبطان ويتقلبان تقلبا متساويا ، حسب حركة الراصد . وباستخدام رياضيات بسيطة بما هو معقول ، فإنه يبين مثلا أنه بالنسبة

للشخص الذى على رصـيف المحطة ، يصبح طول نوافذ القطر الذى يمر به مسرعا طولا أقصر بالفعـل . وكلما زادت سرعة القطار ، مقتربة من سرعة الضـوء ، فإن طول النافذة ينكمش ليصبح لا شىء . وبالنسبة لشخص فى القطار ، فإن النوافذ ستبقى كما هى .

وما من شىء يظل هو نفسه فى عالم نسبية إينشتين الجديد الجسور ، وذلك بالطبع فيما عدا سرعة الضوء ، ونجم عن هذا التفكير بعض استنتاجات عجيبة . فمثلا ، لو أن الشخص الذى على الرصيف أمكنه أن يرى ساعة شخص فى القطار السريع ، فإن آلة الزمن هذه ستدور بسرعة أبطأ ، حتى فى القطارات الأرضية العادية ذات السرعات البطيئة . وبالطبع فإن من المستحيل قياس مدى إبطاء سرعة الساعة هنا ، لأنه صغير جدا . أما فى السرعات الأكبر ، التى تقارب سرعة الضوء ، فإن التغيرات تكون كبيرة .

ويرهن إينشتين رياضيا على أن الشخص الذى على الأرض ويرقب سفينة فضاء تبتعد بسرعة ١٦٠,٠٠٠ ميل فى الثانية ، أى ما يقرب من ٨٦ فى المائة من سرعة الضوء ، فإن الساعة التى فوق السفينة ستبدو له وكأنها تتحرك بنصف سرعتها فقط . وسيبدو أيضا وكأن كتلة السفينة قد تضاعفت بينما انكمشت أبعادها إلى

نصف حجمها السابق . وبالنسبة لعالم فلك فوق سفينة الفضاء ، سيبدو أن التغيرات تحدث لا فوق سفينته وإنما فوق الأرض ، حيث سيبدو الزمان أيضا كما لو كان يبطىء .

وباعلان أن الزمان يكون قياسه مختلفا بالنسبة للأشياء أو الأفراد التى يتحرك احدها بالنسبة للآخر ، فإن إينشتين أبطل للأبد فكرة الزمان المطلق (ومفهوم " للأبد " هو فكرة أخرى لم يعد لها أى معنى فى الكون النسبى) . وقد بين إينشتين بعد ذلك أن الفلكى الذى يسافر فى سفينة الفضاء بسرعة تقرب من سرعة الضوء سيزيد سنّه بأبطأ من أخيه التوأم الذى خلفه على الأرض .

وفى ورقته الرابعة والأخيرة فى ١٩٠٥ ، قام إينشتين بما قد يكون أكثر ضرباته جسارة . إنه من قبل قد أبطل الأفكار السابقة عن الزمان والمكان ؛ والآن فهو يفعل نفس الشىء بالنسبة للكتلة والطاقة . وقبل إينشتين كان ينظر إلى الكتلة والطاقة على أنهما منفصلان ومتميزان . فالحدس يخبرنا كما أخبر الفيزيائيين قبل إينشتين أن الكرة والطاقة التى ترمى بها ليسا نفس الشىء . وقد وجد إينشتين من فروضه فى النسبية الخاصة ، أن هذا التمييز ليس صحيحا . وباستخدام رياضيات النسبية الخاصة وبعض أفكار من ورقته عن الظاهرة الضوء كهربية وصل إينشتين إلى استنتاج أنه إذا كان شىء يبث الطاقة فى شكل الضوء ، فإن كتلته تتاقص بقدر الطاقة مقسومة على مربع سرعة الضوء – أى

أن ك = $\frac{ط}{س^2}$: $m = \frac{E}{C^2}$. ومن هنا تبقى خطوة جبرية بسيطة للوصـــول إلى أشـــهر معـــادلة فى التـــاريخ وهى ط = ك $س^2$ $E= mc^2$ ، والتى نشرت فى ١٩٠٧ .

وبين إينشتين أن الكتلة والطاقة ليستا فحسب متكافئتين ، وإنما هما قابلتان للتبادل فيما بينهما . وكانت دلالات ذلك هائلة . فهو يعنى أن قدرا صغيرا من المادة يمكن فى الظروف الملائمة أن يتحول إلى قدر هائل من الطاقة يعادل القوة الانفجارية لأطنان من مادة تى ن ت .T.N.T (الديناميت) .

وقد تمت البرهنة على أن النسبية الخاصة تصلح للتطبيق ، وأن الكتلة والطاقة حقا تتبادلان معا فيما بينهما ، فتمت هذه البرهنة آلاف المرات فى معجلات الجسيمات ، تلك الآلات الهائلة التى تسحق الذرات سحقا ويستخدمها الفيزيائيون اليوم لاستكشاف نواة الذرة . وفى معمل فيرمى القومى للمعجلات ، وجد أن البروتونات التى يتم تعجيلها خلال أنبوبة تدور فيها لأربعة أميال تتضاعف كتلتها تضاعفا يبلغ الكثير من الآلاف عندما تصل السرعة إلى كسر له دلالته من سرعة الضوء .

وإينشتين عندما توصل إلى نظريته للنسبية الخاصة هى وفروضها ، فإنه عالج بذلك فحسب القوانين الجديدة التى تتناول قياس المكان والزمان بين راصدين يتحركون بسرعة متسقة ، أى

بسرعة لا تتزايد ولا تتناقص أو هم ينتقلون فى قوس مثل مدار الكواكب . وكان إينشتين يعرف أن عليه أن يحل مسائل الحركة المعجلة وهى مسائل أكثر تعقيدا .

وأحد أكبر مشاكل الحركة غير المتسقة يتناول الجاذبية ، حيث تظهر فى تعجيل السرعة عندما تشد جاذبية الأرض شيئا إلى سطح الأرض . والأمر الملحوظ بالنسبة للجاذبية ، والذى لاحظه نيوتن وجاليليو ، هى أنها فيما يبدو لها نفس التأثير فى كل الأجسام بصرف النظر عن وزنها . والمفروض أن جاليليو فى تجاربه الشهيرة من برج بيزا - وأن كانت فيما يحتمل مما يُشك فى وقوعها - قد بين أن الأشياء التى تختلف فى كتلتها تصل إلى الأرض فى نفس اللحظة عندما تُسقط فى نفس الوقت . وإذ كان هناك أى فارق ، من مثل أن تصل قذيفة مدفع إلى سطح الأرض بأسرع من الريشة ، فإن هذا الفارق يرجع إلى مقاومة الهواء .

وجاليليو ونيوتن كان يريان أن الجاذبية هى قوة فريدة فى الطبيعة : قوة تختص بها الأرض أو الأجرام السماوية الأخرى . أما إينشتين فقد رآها كظاهرة أوسع .

وهو يقول ، لنفترض أن عالما يركب مصعدا فى سفينة فضاء بعيدا عن تأثير جاذبية الأرض . ولنتصور أن المصعد فى داخل سفينة الفضاء له عجلة سرعة فى الصعود من ٣٢ قدم فى الثانية

لكل ثانية . وهذا هو بالضبط نفس المعدل الذى تشد به الجاذبية إلى الأرض شيئا مثل قذيفة مدفع أسقطت من أحد الأبراج . أما فى مصعد سفينة الفضاء ، البعيد عن تأثير الجاذبية ، فإن قدمى العالم ستظلان تضغطان فوق أرضيته إذ يقاوم جسده عجلة السرعة لأعلى وهو لو ألقى حجرا ، فإن الحجر سيهوى إلى الأرضية تماما مثلما على الأرض .

والعالم هكذا لا يستطيع القول بما إذا كان الشد لأسفل هو بسبب الجاذبية ، أو أنه بسبب القصور الذاتى لجسده الذى يقاوم عجله سرعة المصعد لأعلى . وهذا يعنى أنه لا يوجد فارق بين عجلة السرعة التى تسببها الجاذبية وتلك التى من مصادر أخرى . وقد سمى هذا مبدأ التكافؤ : فمجال الجاذبية له " وجود نسبى " .

ولو أن جاليليو وثب من برج بيزا ثم أسقط حجرا وهو فى طريقة لأسفل ، فإنه هو والحجر سيمضيان فى السقوط معا . وسيبدو لجاليليو أن الحجر فى حالة سكون ، ولو أوقفت تأثير الجاذبية مؤقتا ، فإن جاليليو يمكن أن يعد نفسه أيضا لثوانى معدودة فى حالة سكون .

وإذن فما هى الجاذبية ؟ استخدم إينشتين أفكارا من النسبية الخاصة ، وأضاف إليها أفكارا جديدة ليصف الجاذبية بطريقة فريدة - بتفسير يبين أن الجاذبية هى فى الحقيقة ليست قوة

بالمعنى العادى . وأضاف إينشتين للنسبية الخاصة نوعا مختلفا من الهندسة ، ذلك أنه وجد أن النوع القديم – الهندسة الاقليدية – هو أضيق من أن يسع طريقته الجديدة للنظر إلى الكون .

وكان لإينشتين صديق قديم هو مارسيل جروسمان ، وقد ساعدت مذكراته إينشتين على النجاح فى امتحان هام عندما كانا زميلين فى أحد فصــول مدرسة ثانوية سويسرية منذ سنوات مضت ، وقد بين له صديقه هذا أين يبحث . فهناك نوع من هندسة لا إقليدية ، قد أنشأه رياضى ألمانى يدعى برناردريمان . وكان فيها الأداة الريــاضية التى تنقص إينشتين . هندسة المكان المقوس .

ولكن ما هى علاقة المكان المقوس والمصعد ذى السرعة المعجلة بالجاذبية ؟ ويقول إينشتين لنتصور ثانية أن مصعد سفينة الفضاء الذى يوجد فيه العالم قد زيد من عجلة سرعته زيادة هائلة بحيث أن سرعته بدأت تقترب من سرعة الضوء . ففى حالة كهذه ، فإن شعاع الضوء الذى يدخل من ثقب فى أحد الجدران سيبدو للعالم فى الداخل وقد انثنى قليلا لأسفل فى قوس بحيث يصل إلى الجدار الآخر عند نقطة أكثر انخفاضا .

وسبب ذلك أنه حسب معادلة إينشتين السابقة ، فإن الضوء والكتلة يتكافآن فى ظروف معينة . ولما كان للضوء طاقة ، فإن له

إذن كتلة ، وكل شىء له كتلة ينجذب بالجاذبية . والجاذبية ليست إلا نوعا من تعجيل للسرعة . وهكذا فإنه فى المصعد الذى تعجل سرعته ، يكون العالم والضوء متأثرين تأثيرا متساويا ، وهما معا مشدودان نحو ارضية المصعد . وبنفس الاستدلال ، فإن إينشتين يقول أنه لو مر شعاع ضوء بالقرب من شىء ثقيل مثل أحد الكواكب ، فـإن الجاذبية ستثنى بالفعل مسار الضوء لناحية الكوكب .

وقد جعل إينشتين هذه المفاهيم معا فى عشر معادلات رياضية أو مسائل مجال ، نشرها على أنها نظريته عن النسبية العامة فى ١٩١٦ . وكنت هذه أكثر ثورية عن النسبية الخاصة ، ذلك أنها لم يكن لها تقريبا أى سابقة نظرية فى ذلك الوقت .

وأكثر ما هو رائع فى النسبية العامة هو أن إينشتين قد أبطل مفهوم الجاذبية كقوة . فهو يقول أنه فى الحقيقة لا يوجد شىء من مثل قوة الجاذبية . وإنما هناك بدلا من ذلك هندسة الكون - الهندسة المقوسة كما أعطاها ريمان - فهى المسئولة عن القوة التى نظن أنها الجاذبية . وسمى إينشتين فضاءه المنحنى متصل المكان - الزمان .

إنه يشبه نوعا البساط المطاطى المشدود (الترامبولين) . فلو وضعت عليه قذيفة مدفع ، سينتج عن ذلك إنبعاج كبير . أما البرتقالة فتصنع انبعاجا صغيرا فى الترامبولين وتنزع إلى أن

تتدحرج تجاه الحفره الأكبر . والنجوم والكواكب لها نفس التأثير في الفضاء مثل تأثير الكرات فى الترامبولين ؛ فالأجرام السماوية تسبب بالفعل انبعاجا فى الفضاء من حولها ، مغيرة بذلك من هندسة الفضاء نفسه . والأشياء الأكبر فى هذا الفضاء المنبعج المقوس هي مثل قذيفة المدفع فوق ترامبولين ، تنزع لأن تجذب إليها الأشياء الأقل كتلة .

والنسبية العامة كانت تتحرك كما هو أبعد كثيرا من التفكير التقليدى آنذاك . فقد كانت فيزياء جديدة بالكلية ، وطريقة فى النظر إلى الكون هى جد مختلفة ، وهكذا كان هناك عدد ممن يكفرون بها .

وثمة ظاهرتان طبيعيتان موجودتان كان إينشتين واثقا من أنهما يثبتان صدق أفكاره عن الفضاء المقوس . والأولى تتناول مدار عطارد ، الذى ظل طيلة أكثر من قرن يرفض أن يتحرك فى مدار من قطع ناقص بمثل ما توصفه فيزياء نيوتن : فكان لمداره زيادة فى القوس تبلغ ٤٣ ثانية أكثر مما ينبغى ، عندما يكون الكوكب أقرب ما يكون للشمس . ولم يتمكن أحد من أن يفسر هذا الفارق ، وهو فارق صغير ولكنه مما أمكن قياسه بتكنولوجيا القرن التاسع عشر . وعندما طبقت معادلات إينشتين المجالية على مدار عطارد ، تنبأت هذه المعادلات بفارق هو بالضبط ٤٣ ثانية من القوس .

أما الاختبار الآخر للنظرية فكان أكثر صعوبة . فمعادلات إينشتين بينت أن الضوء الآتى من نجم بعيد ينثنى قليلا بفعل مجال الجاذبية الذى من حول الشمس - تماما مثل شعاع الضوء فى مصعد العالم بسفينة الفضاء . وحسب ما تتنبأ به المعادلات فإن الانحراف يكون بالضبط ٧٥, ١ ثانية من القوس . والوقت الوحيد الذى يمكن فيه اختبار هذه الفكرة هو عندما تكون الشمس فى كسوف كلى ، لأن الضوء الآتى من أى نجم على نفس الخط مع الشمس يكون غير مرئى بسبب ضوء الشمس .

واتفق أن كان سيقع كسوف كلى فى نصف الكرة الجنوبى فى ٢٩ مايو ١٩١٩ ، بعد ما يقرب من ثلاثة سنوات من نشر النسبية العامة . ودفع المعهد الملكى بحملة إلى جزيرة برنسبل أمام الساحل الغربى لأفريقيا . وأثناء الكسوف وجد الفيزيائى البريطانى أرثر إدنجتون انحرافات فى ضوء النجوم تتفق تقريبا مع حسابات إينشتين . وعندما تم إبلاغ هذا الإثبات لإينشتين فى برلين ، أجاب بأنه لم يشك قط فيما ستكونه النتائج . وعندما سئل ماذا كان سيفكر فيه لو أن القياسات لم تثبت نظرية النسبية العامة ، أجاب « كنت سأحس وقتها بالأسى للكون » .

وإذ بدا أن الملاحظات تثبت النسبية العامة - وكانت هذه هى الأولى من إثباتات كثيرة بأن الكون يسلك بما يكاد يكون بالضبط

حسب الطريقة التى تحتم النسبية العامة أنه ينبغى أن يسلكها – فإنه قد ولد هكذا علم الكونيات النظرية الحديث .

ويكاد يحدث دائما أن تعاد صياغة نظرة الانسان المتصورة عن الكون فى أعقاب فترة تكون النظرة القديمة عندها قد بدأت تفشل . ويتم اكتشاف حقائق جديدة . لا تتلاءم والنظام القديم للأشياء ، وتبدأ النظرة المتصورة القديمة فى التهاوى . وهكذا فإنه عندما ظهر إينشتين على المسرح كان العلم مهيئا لانقلاب فى المفهوم المتصور. وكان هناك عدد كاف من التصدعات فى صرح نيوتن بما يتطلب نظرة للأشياء تختلف اختلاف واسعا . أما السؤال عما إذا كان هناك الآن تصدعات فى صرح فيزياء القرن العشرين فيها الكفاية لأن تؤدى إلى نظرة تصورية جديدة ، فإن هذا لأمر غير مؤكد .

وهوكنج وقد ولد فى كون يتم توصيفه توصيفا كاملا ومقبولا بالنسبية العامة ، يعد من الجيل الثانى من العلماء الذين شبوا فى ظل عقيدتها . على أن التقدم قد تواصل سريعا فى القرن العشرين بحيث أن إينشتين قد أصبح بالفعل أقل من أن يكون مقدسا . فهل بدأت تتهاوى نظرة إينشتين للكون بالدرجة التى يمكن معها أن نكون على عتبة عصر علمى جديد؟

وهونج لا يجيب تماما عن هذا السؤال ، « إن المرء لا يستطيع القول بذلك حتى يحدث . وأحد أوجه الجمال فيما لم يُكتشف هو أنه لم يُكتشف » .

وصلة إينشتين

قال إينشتين وكتب فى مناسبات عديدة « إن الله لا يلعب النرد بالكون .» وكان هذا إعلانا عن سخطه الثابت على ميكانيكا الكم ، وهى ذلك النظام الرياضى الذى نشأ فى عشرينيات القرن وثلاثينياته لتفسير مسار الجسيمات تحت الذرية . وبعد عدة عقود عقب سيتفن هوكنج بقوله :

« إن النرد أحيانا يلقى به حيث لا يمكن رؤيته . » وليس قوله هذا فى قوة ما قاله إينشتين ولكنه يوضح وجهة نظر هوكنج : فالزمن والمعرفة قد تجاوزا أخيرا إينشتين * .

وهوكنج لديه فى مكتبه مجموعة صغيرة من الصور الضوئية والملصقات لإينشتين. ومن آن لآخر يستبدل بالقديم منها ما يصل من جديد . على أن كل ما قاله هوكنج لى عن إينشتين هو ، « حسن ، لقد كان فيزيائيا بارعا جدا . »

وقد تلقى إينشتين الكثير من التقدير عبر العالم كله بعد أن تم إثبات النسبية العامة تجريبيا . فاستقبله الملوك ، وشق محرروا

* القول بأن النرد يكون حيث لا يمكن رؤيته يشير إلى إمكان وجوده داخل ثقب أسود .

الصحف والمجلات الطريق إلى بابه لإجراء مقابلات صحفية ؛ وأُلفت الكتب الشعبية عن النسبية العامة لمحاولة تفسير أسرارها . وكان هناك أيضا مقاومة للنسبية . وقد رفض بعض الناس أن يؤمنوا بأن رجلا بمفرده يستطيع باستخدام الهيروغليفيات الرياضية وحدها أن يعيد تعريف الكون كله .

ورغم كل هذا التقدير والجدل ، فقد ظل إينشتين يمضى قدما بعمله . وقد كان من المستحيل أن يتم له الحصول مرة أخرى على عمل فذ ثورى من نوع النسبية العامة ، ولكنه أراد أن يوسع منها . إن معادلاتها توصّف هندسة المكان - الزمان ، وهو على ثقة من أنها تصلح لهندسة كل الزمان - المكان ، أى الكون من بدايته حتى نهايته . وقد نشر فى السنة التالية ورقة بحث فى ١٩١٧ ، أرست أكثر من أى شيء آخر علم الكونيات الحديث - أى دراسة أصل الكون ، وتاريخه ، وشكله .

وكانت هذه الورقة عملا رائعا . فقد أرسى فيها مبدأ أشعة الليزر قبل الوصول إلى أول نوع منها بأربعين عاما ، وهذا فى حد ذاته إنجاز مذهل . ولكن الأهم من ذلك أنه وصف كيف يمكن لمعادلات النسبية العامة أن توصّف مسلك الأجرام الكبيرة من المادة فى الكون على مدى فترات طويلة من الزمان . ودخل فى التو فى المشاكل .

كانت المشكلة هي أن أفضل وأبسط التفسيرات لمعادلاته تدل على كون غير مستقر ، بل وكون من الممكن أنه يتمدد . وكان الفلكي الهولندي ويليم دي سيتر ، من ضمن كثيرين آخرين ، قد حل بالفعل المعادلات التي تدل على أن الكون غير ساكن ، فإما أنه يتمدد وإما أنه ينكمش ولكنه لايظل ثابتا . وحنق إينشتين لذلك . إنه يريد لمعادلاته أن تبين السماء كما صورها معظم الفلكيين : مستقرة لا تتغير ، موحدة الخواص - أي تتماثل في كل اتجاه ، ومتجانسة - أي تتماثل في كل مكان .

ووجد إينشتين طريقا شاذا نوعا ليخرج من هذه المشكلة . فحتى يجعل النسبية العامة تتلاءم مع نموذجه عن الكون ، فإنه عدل من معادلاته مضيفا إليها رقما سماه الثابت الكوني ، مشيرا إليه بأنه « تعديل بسيط » .

وكانت إحدى المشاكل المباشرة للثابت الكوني ، أن نظرية النسبية العامة هي نظرية كاملة في حد ذاتها بحيث أنها لا تحتاج إلى ثوابت كونية . وهكذا فإن " مصطلحات دلتا " ، كما أطلق عليها ، كانت في الحقيقة غير ضرورية . وكان إينشتين نفسه يعي ذلك بقوة ، فأعلن في آخر جملة في ورقة بحث ١٩١٧ ، " إن مصطلح (دلتا) هو ضروري فقط بفرض أن يجعل من الممكن أن تتوزع المادة توزعا شبه - ساكن حسب ما تتطلبه حقيقة ما للنجوم من سرعات صغيرة .

وفى ١٩٢٢ قام الرياضى الروسى الكسندر فريدمان بحل معادلات بإينشتين استخدام الثابت الكونى وأيضا بدون استخدامه . وكما حدث مع إينشتين فإن حله باستخدام الثابت الكونى نتج عنه كون ساكن يظل كما هو للأبد . أما حل فريد مان الثانى والأكثر جسارة فقد أزاح مصطلحات دلتا ، وأدى إلى أول نموذج للكون المتمدد ، والحقيقة أنه أدى إلى نموذجين مختلفين . وقد بقى أن يتحدد أيهما هو الصحيح ؛ وكل منهما يقدم نظرة مختلفة عن مصير الكون النهائى .

ونموذجا فريد مان للكون المتمدد هما فى الحقيقة أساس الكونيات الآن . والأول هو نموذج تكون كثافة المادة فيه أقل من مقدار حرج معين ، بمعنى أن الكون لا نهائى وسيظل يتمدد للأبد . وفى النموذج الثانى - وهو النموذج الذى يقره معظم الفلكيين المحدثين - فإن الكثافة تكون أعظم من المستوى الحرج . وكنتيجة لذلك فإن تمدد الكون سوف يتوقف يوما ما . فالكون محدود ، ولكنه أيضا بلا حدية ؛ فانت فى الكون إذا أخذت فى الحركة فى خط مستقيم ، سوف تنتهى بالعودة إلى حيث بدأت .

وهذا مفهوم عجيب علينا أن نتقبله بالطريقة الطبيعية التى نتقبل بها أن البيض يُقلى فى مقلاة ساخنة . ويعتقد هوكنج أن كوناً كهذا يتقوس على نفسه ثانية ، هو مثل ثقب أسود هُائل

يتقوس أيضا حول نفسه . وكما يقول فإن التوصيفات الرياضية تكون هكذا على الأقل متماثلة .

ويقول هوكنج " يمكن النظر إلى هذا النموذج للكون بطريقة أخرى وكأنه بالونة هائلة تتمدد . " * والنقط التى عليها تمثل المجرات .

وفى ١٩٢٢ نشر إينشتين نقدا رياضيا لعمل فريد مان . وسرعان ما سحب نقده ، وأهمل الموضوع بالكلية لما يقرب من عشر سنوات .

وفى نفس الوقت ، كان قد تم بناء متتالية من التلسكوبات الأكبر والأكبر وذلك فى غرب الولايات المتحدة ، ورأت التلسكوبات فى السماوات ما كان فريد مان قد تنبأ به من قبل فى حساباته ، وفى ١٩٠٨ تم بناء عاكس من ٦٠ بوصة فى مونت ويلسون بكاليفورنيا ، وتم فى ١٩١٧ بناء تلسكوب من مائة بوصة فى نفس المرصد ، وكان إدوين هابل ، وهو بطل سابق هاو للملاكمة ، قد بدأ يعمل فى مونت ويلسون فى ١٩١٩ ، وبحلول عام ١٩٢٣ وصل إلى أول تقدير للمسافة بين مجرتنا ، أى درب التبانة ، ومجرة أندروميدا ، أقرب جار لنا .

وبين هابل أيضا أن أندروميدا هى تقريبا فى نفس حجم درب التبانة ، وهى أول إشارة إلى أن أجزاء الكون الأخرى هى مماثلة

* عندما تتمدد البالونة ، تتباعد النقط التى عليها إحداها عن الأخرى .

لجزئنا ، واكتشف هابل أثناء العشرينات أن المجرات البعيدة تتوزع توزعا متساويا عبر السماوات ، وأهم من ذلك أنه أثبت أنها كلها تسرع لتتباعد إحداها عن الأخرى مثل قذائف الرش من بندقية للرش .

وأعلن هابل فى ١٩٢٩ أن معطياته تبين أن المجرات تتحرك متباعدة بمعدل يتناسب طرديا مع بعدها عن درب التبانة ، وكان هذا هو أول دليل مباشر على أن الكون يتمدد ، وأصبح هذا معروفا بقانون هابل واقتنع معظم الفيزيائيين بأن تفسير فريد مان لإينشتين هو أكثر صحة من تفسير إينشتين لإينشتين . وانتهى إينشتين إلى الإقرار بأن الثابت الكونى هو أسوأ خطأ في حياته العلمية .

وقبل ملاحظات هابل ، كانت حسابات فريدمان تقوم بدور لا يزيد إلا قليلا عن مجرد ألعوبة للمنظّرين . ولكنها بربطها بقانون هابل ، أرست ما يعرف اليوم بالمبدأ الكونى . وعقيدته الأساسية هى أن الكون على وجه التقريب متماثل فى كل الاتجاهات . والكون يبدو على وجه التقريب أيضا متماثلا لأى راصد أيا ما كان موقعه فى الكون . ومنذ الثلاثينيات تكاد كل ملاحظة أن تثبت أن الكون يتمـــدد ، على أن إثبـات المبـدأ الكونى ليس بالضرورة مؤيدا بالمعطيات الفلكية .

وقد قال لى هوكنج ونحن نتحدث عن هذا الفرض ، « الحقيقة

أن ليس هناك ما يضمن أن الكون متماثل في كل النقاط . إن المرء ليتوصل في النهاية إلى صورة يمكن أن يكون للكون فيها فروع مختلفة . ومن الممكن أننا موجودون في فرع من الكون لا يسمح لنا برؤية كل سائر الكون . والحقيقة أنه ثمة احتمال يزيد عن الصفر بأن يكون للكون أشكال كثيرة مختلفة » .

ومع هذا فإن النسبية العامة مقرونة بتفسير فريد مان وملاحظات هابل قد أمدت لأول مرة بصورة كاملة للكون – وإن لم تكن بالضرورة صورة دقيقة بالكامل . على أن علماء الفلك لم يبدأوا في إدراك مدى شمولية هذه الصورة بالفعل إلا بعد أن ظهر هوكنج وروجر بنروز على المسرح بعد ذلك بعشرات السنين .

وقد قال لي هوكنج « إن أحد ملامح حلول فريدمان الذى لم يؤخذ مأخذا جديا وقتها هو أن هذه الحلول قد دلت على أنه كان ثمة فترة فريدة في الماضي حيث تركزت كل المادة في نقطة واحدة، وهذه هي النقطة المعروفة (بالمفردة) ، وقد أحس معظم الناس وقتها أن الظروف في الكون الحقيقي لا يمكن قط أنها كانت بمثل هذا التطرف » .

وقد أخبرني هوكنج أنه في الوقت الذى ركز فيه هو وبنروز تفكيرهما على مشكلة تفسير أصل الكون حسب النسبية ، كان نموذج فريد مان يقدم نظرة جيدة إلى حد معقول بالنسبة لما حدث

وراء حتى أول مائة ثانية أو ما يقرب . ثم قال « وبالطبع ، فقد كنا متلهفين فى الواقع إلى الكشف عما حدث قبل ذلك » .

والمشكلة بالنسبة لنماذج فريد مان ، مع كل ما فيها من إبداع ، هى أن الكون الحقيقى يحوى أوجها من عدم الإنتظام ، ويقول هوكنج « عندما يرتد المرء وراءً فى الزمن ، فإن أوجه عدم الانتظام هذه قد تصبح أكبر وتكون السبب فى أن الجسيمات المنفردة وهى تتجمع ، يفوت الواحد منها من الآخر ، مما يؤدى إلى حدوث نوع من تمرجح بلا مفردة ، وفى هذه الحالة فإن النقاط تفوت إحداها من الأخرى أثناء الانكماش ، وهكذا فإن الكون يعاود بالفعل تمدده دون أن يصل قط إلى المفردة .

وكما قال لى هوكنج « وكنتيجة لذلك ، فإن أحدا لم يأخذ نموذج فريد مان مأخذا جديا جدا كتفسير لما حدث أثناء خلق الكون ، والحقيقة أن معظم الناس كانوا يعتقدون أنه ليس هناك بداية حقيقية ، وقد أثبتنا لهم خطأهم » .

وبالسير بنموذج فريد مان إلى الخلف أى فى انكماش نظرى – بمعنى العودة وراء فى الزمان – فإن الفيزيائيين هكذا يحاولون الكشف عما حدث عند أول بداية الكون ذاتها ، والأهم جوهريا هو أنهم يريدون إثبات أن الكون ، كما يطرح نموذج فريد مان ، له بداية حيث كانت كل المادة تتركز فى نقطة واحدة ، وأنه كان

هناك انفجار كبير انبثقت فيه هذه النقطة لتنفجر فتخلق كوننا ، وفضاءنا ، وزماننا ، وكان على هوكنج وزميله روجر بنروز أن ينجزا هذا العمل الفذ .

كان بنروز وقتها عالم رياضة شاب وعالم فيزياء نظرية فى كلية بيركبك بجامعة لندن ، وكان قد أثبت نفسه بالفعل كواحد من أكثر علماء الرياضة تقدما ، وكان أستاذا فى حل الألغاز والأحاجى الهندسية والرياضية ، وقد كان مصدر الهام لصور عديدة رسمها الفنان الهولندى التشكيلى م . س إشر . ولم تكن اهتمامات بنروز مجرد صدفة – فوالده كان من علماء الوراثة المبرزين وأحد من يبتكرون الأحاجى الرياضية ، كما كان أحد إخوته بطلا لبريطانيا فى الشطرنج لعشر مرات ، أما عمه فرسّام سيريالى رائد وصديق لبابلو بيكاسو ومؤرخ لسيرته .

وقد قال لى هوكنج « إن أول مجال رئيسى عملنا فيه هو عما إذا كان الزمان له أو ليس له بداية أو نهاية ، ووقت أن بدأت العمل على المشكلة فى ١٩٦٢ ، كان الرأى السائد أن ليس للزمان بداية ».

وأحد المواضيع المنطقية لمنظّرى الانفجار الكبير عندما يبحثون عن النماذج التى يمكن رصدها ، هو أن يبحثوا ظاهرة النجوم المتقلصة . فهذه النجوم وهى تتقلص على نفسها بوزنها الخاص بها ، قد تؤدى فى النهاية إلى ثقب أسود توجد فى اللب منه

« المفردة » ذات الاشكال . وأهم شئ أنه سيكون لديهم هكذا – بالطريق العكسي – بعض من خواص الكون المتمدد .

وتاريخ أى نجم – سواء من حجم متوسط مثل الشمس أو كبير مثل قلب العقرب Antares الذى يبلغ قطره مسافة فلك الأرض – هو أساسا صراع مشدود بين قوة حرارته وإشعاعه الهائلة التى تتوجه إلى الخارج – والتى هى نتاج التفاعلات التى تقع بين ذرات النجم – وقوة الجاذبية القوية التى تتوجه للداخل . فإذا كان النجم ثقيلا بما يكفى ، فإن أيا من قوى التفاعل الثلاث الأخرى التى تعمل فى الكون – القوة النووية القوية ، والنووية الضعيفة والكهرومغنطية – لن تستطيع أن تقاوم تأثير شد الجاذبية فى مادة النجم نفسه ، ويبدأ النجم فى التقلص على ذاته .

ما الذى يمنع أن يستمر تقلص النجم إلى الأبد ، حتى يسحق النجم نفسه إلى شذرة جد صغيرة تحوى كل مادته ، نقطة واحدة من كثافة لا نهائية ؟ وإذ تخيل الفيزيائيون نجما يتقلص بما لا نهاية له ، فإنهم لم يتمكنوا من تحديد ما الذى سيحدث عندما يصل النجم إلى النقطة التى يسمونها المفردة . إن المفردة هى نهاية الطريق ، موضع حيث يحدث ببساطة أن يختفى المكان والزمان ، ويقول لى هوكنج « عند المفردة ، تنهار المفاهيم الطبيعية عن المكان والزمان ، ويحدث نفس الشئ للمعادلات » .

وقد آمن منظرون كثيرون بأن المفردات ينتهى بها الأمر بألا تصبح شيئا بأكثر من تجريدات رياضية ، وقد تطلب الأمر أن ينجز بنروز عملا رياضيا ذكيا ألمعيا حتى يبين أن النجم الذى يتقلص إلى مالا نهاية ليس مجرد ألعوب نظرية ، وأن هذا النجم سينتهى إلى مفردة فيزيائية حقيقية ، وبين بنروز أن المكان والزمان يمكن أن يصلا إلى نهاية فيزيائية وليس مجرد نهاية مجازية .

وفى ١٩٦٥ وقد شُدّ هوكنج بهذا الإثبات للمفردة ، فإنه بدأ يعمل بالاشتراك مع بنروز .وقد أنشأ خلال السنوات الثلاث التالية العديد من النظريات التى تعد مفاتيحا بشأن بنية المكان والزمان والمفردات ، وهى تبين أن الكون قد بدأ كمفردة .

وإثبات أن الكون قد بدأ كمفردة ذات كثافة لا نهائية تشبه الناتج الختامى لنجم فى تقلصه النهائى ، لم يكن بالمهمة السهلة . ويقول هوكنج متذكرا « كانت هذه بالطبع النقطة التى تنهار عندها كل معادلاتنا . وثمة حلول لمعادلات إينشتين كان معظم الناس فى تلك الأيام يعتقدون أنها غير واقعية ، فهى تمثل كونا متسقا ومتوحد الخواص لأكثر مما ينبغى » .

ويقول هوكنج ضاحكا « معظم من كانوا يشتغلون على هذه المشكلة كانوا يؤمنون بأنه حتى تقترب من الحقيقة سيكون عليك أن تصل إلى حل معقد فيه الكثير من أوجه عدم الانتظام وعلى نطاق

واسع . ولم يكن أحد يريد أن يصدق أن الحقيقة يمكن أن تكون بسيطة بمثل ما كانت عليه » .

وإذ يرتد السير وراءً بتمدد الكون إلى انكماش نظرى ، تكون إحدى المشاكل التى تجابه الفيزيائيين هى إمكان أن يحدث أن الجسيمات ذات الحركة العشوائية يفوت أحدها من الآخر ، وكان هذا تفكير مجموعة من المنظرين الروس فى ١٩٦٣ ، عندما طرحوا نظرية تنادى بتناوب أطوار من الانكماش والتمدد أثناء الانفجار الكبير بما يسمح للجسيمات بأن تتفادى الاصطدام أحدها بالآخر .

ويضحك هوكنج وهو يقول « كان أول عمل بحث كبير لى هو إظهار أنهم على خطأ » . وقد عمل هوكنج وبنروز على هذه المشكلة بين ١٩٦٥ ، ١٩٦٨ ، وشرح هوكنج لى طريقة تفكيرهما . « لقد أنشأنا تكنيكا رياضيا جديدا كان فى الواقع تحليلا للطريقة التى يمكن بها للنقاط التى فى المكان - الزمان أن تكون فى علاقة سببية إحداها بالأخرى ، والأمر أنه فى النسبية العامة لا يمكن لأى إشارة أن تنتقل بأسرع من الضوء ، وهكذا فانه لا يمكن لحدثين أن يكونا على علاقة معا إلا إذا أمكن وصلهما بحيث يمكن أن تصل من واحد للآخر بسرعة تساوى أو تقل عن سرعة الضوء » . ويعنى هذا أن هوكنج هو وبنروز لم يكونا فى حاجة إلى تفسير ما سيحدث للجسيمات الفردية لحظة الانفجار الكبير ، مثلما كان كل فرد آخر

يحاول أن يفعل . « والحقيقة أننا وجدنا أنه يمكنك استخدام الخواص المختصة بالمقياس الكبير (Large Scale Properries) لإثبات أنه لابد من أنه كان هناك مفردة فى البداية ، وهو تناول أسهل كثيرا . ويعنى هذا أن للزمان بداية » .

واستمر هوكنج وبنروز ليثبتا ليس فقط أن الكون يمكن أن يبدأ بمفردة ، بل إنه بالفعل « لابد » له من أن يبدأ من مفردة .

ويقول هوكنج « إن ما فعلناه هو أننا بينا أن حل النسبية العامة الأبسط هو الحل الصحيح ، والحقيقة أنه مع كل تعقد الكون ، فإن من الرائع بالفعل أن حل النسبية العامة الصحيح كان أيضا هو الحل الأبسط » .

وتفسير فريد مان لنظرية النسبية العامة لإينشتين قد نتج عنه أول صورة لكون كامل . أما هوكنج وبنروز فقد أضافا إلى مسودته التقريبية تفسيرا للكون المبكر حسب النظرية النسبية يتطلب أن توجد على الأقل مفردة واحدة .

وهذه المفردة التى كشف عنها هوكنج وبنروز بحساباتهما ، رغم أنها يقينا أمر حقيقى وفيزيائى ، إلا أنها رياضيا حدث فى المكان – الزمان حيث ينهار السلوك الفيزيائى الطبيعى . ولما كانت حساباتهما تبين أن كونا حسب النظرية النسبية وتسيطر عليه خصائص فيزيائية حقيقية يجب أن تكون له مفردة كهذه فان المغزى

لهو واضح : أنك لا تستطيع أن تنظر للكون مستخدما النسبية العامة بدون أن تجد أن هناك انفجار كبير أو شئ ما يشبهه تماما عند البداية . والتحليل النظرى للانفجار الكبير – وهو أول كل شئ قط – كان خطوة من أكبر الخطـوات فى علم الكونيات منذ طبق فريد مان رياضياته على النسبية العامة .

وفى نفس الوقت – أثناء الستينيات – أثبتت الاكتشافات الفلكية عمل فريد مان النظرى ، وكان أهم هذه الاكتشافات (بعد هابل) هو اشعاع الخلفية الذى يتوزع فى تساو خلال الكون كله والذى عثر عليه دون قصد ارنولد بنزياس وروبرت ويلسون فى ١٩٦٤ ، ويقول هوكنج « لقد تم تفسيره تفسيرا صحيحا كأثر متبق من الانفجار الكبير ، وقد تنبأ به جورج جاموف وزملاؤه بما يرجع وراءً إلى ١٩٤٨ ، ولكن أحدا وقتها لم يأخذ هذا التنبؤ مأخذا جد جدى ، وكان هذا فى جزء منه نتيجة لمشاكل نموذج فريد مان .

وهناك كشف آخر له دلالة هائلة ، وهو اكتشاف أن عنصر الهليـوم يكوّن ما يقرب من ٢٥ فى المائة من كتلة كل المادة فى الكون ، وأن نسبة الـ ٧٥ فى المائة الأخرى تتكون كلها تقريبا من الهيدروجين . « وقد تنبأت حسابات جاموف وما تلاها من تحسينات لها بأنه بعد المفردة بما يقرب من مائة ثانية لابد من أن ربع كل البروتونات والنيوترونات التى كانت مخلوقة قبلها قد تغيرت إلى

هليوم ومعه كمية صغيرة من الديتريوم . وكان من الصعب تفسير وجود كمية كبيرة هكذا من الهليوم بأى طريقة أخرى غير الطريقة التى بينتها حسابات جاموف . وهكذا فإن هذا كان كشفا مُرضيا للمنظّرين ، بما يقارب الكشف عن اشعاع الخلفية المتخلف عن الطور المكثف للكون .

وقد أكدت هذه الاكتشافات عمل المنظّرين إذ بينت أن للكون أصل من انفجار ساخن كثيف . وإذ أدت هذه الاكتشافات إلى ذاك فإنها وضحت أن المنظّرين لديهم القدرة على ما هو أكثر من مجرد التأمل ، وأنهم يمكنهم التوصل إلى بعض الاستنتاجات الصحيحة عن مولد الكون وتاريخه . وقد عمل هوكنج وبنروز على ضم كل هذه الملاحظات معا ، مفسرين كيف أن الانفجار الكبير ليس فحسب معقولا فى الواقع والنظرية ، بل إنه ضرورى .

ومما يثير السخرية ، أن إينشتين رغم ما كان فى الثابت الكونى من خطأ عظيم ، فانه قد وصل إلى استنتاج مماثل قبل ذلك بسنوات . فهو عندما ألغى – بعون غير مباشر من فريد مان – ثوابت دلتا الفظيعة ، وجد أن النسبية العامة تتطلب أن يُشغل الكون بمفردة واحدة على الأقل فى تاريخه ، ولكنه نبذ هذه المفردة بصفتها نقطة فى المعادلات حيث النظرية ببساطة تنهار .

وحسب الصورة المقبولة بأكثر للانفجار الكبير ، فإن كل مادة

الكون كانت تشكل غازا مضغوطا وساخنا للغاية فى كرة نار أولية وذلك منذ ١٠ إلى ١٥ بليون سنة .

ويقول هوكنج ونحن نستكمل حديثنا عن الكون المبكر جدا « إن أكبر سوء فهم بشأن الانفجار الكبير هو أنه قد بدأ ككتلة من مادة فى مكان ما من فراغ الفضاء ، وليست المادة وحدها هى التى خلقت أثناء الانفجار الكبير ، وإنما خلق أيضا المكان والزمان ، وهكذا فبمعنى أن الزمان له بداية ، فإن للمكان أيضا بداية » .

وسألته عما إذا كان بالفعل يؤمن بأن الزمان فى الحقيقة قد بدأ فعلا بالانفجار الكبير ؟ أجاب قائلا « عندما ترتد وراءً إلى الكون المبكر جدا ، يصبح مفهوم الزمان العادى مضببا . فأنت لا تستطيع أن تبقى على الفكرة الطبيعية عن الزمان وراءً بما لا نهاية له . فثمة نقطة ما على مقربة من الانفجار الكبير حيث ببساطة لا توجد أى طريقة لتعريف الزمان ، وبهذا المعنى فإن الزمان له بداية » .

وقد استخدمت فيزياء النسبية العامة لإثبات وجود المفردة عند بداية الكون . ويقول هوكنج « إن مشكلة هذا التناول هى أن النسبية العامة التى استخدمت للتنبؤ بالمفردة عند الأصل ، لهى نظرية كلاسيكية محض ، وهكذا فإنه لا يوجد فى النسبية العامة ما يأخذ فى الحسبان المسلك الكمّى للجسيمات تحت الذرية التى تم خلقها بالانفجار الكبير» .

وحركة وكتلة الجسيمات تحت الذرية توصّفها ميكانيكا الكم . وميكانيكا الكم نظام رياضى نشأ أثناء العشرينيات والثلاثينيات ، وهو أجنبى تماما عن النسبية العامة . وهو يوصّف التفاعلات التى تحدث على المستوى تحت الذرى ، ويوجد فى اللب منه مبدأ عدم اليقين الذى أعلنه لأول مرة فى ١٩٢٧ فيزيائى ألمانى هو ويرنر هايزنبرج .

ويقرر مبدأ عدم اليقين أن أزواجا معينة من الكميات ، مثل موضع الالكترون وعزمه ، لا يمكن قياسها معا فى نفس الوقت . ويعنى هذا أن الالكترون ليس هو بتلك القطعة من المادة التى هى موضوعية ومطلقة وقابلة للتحديد مثلما كان يوصفها الفيزيائيون الكلاسيكيون ، وإنما هو نوع من كيان موضوعى هو بمعنى منبسط Smeared فى الخارج حول النواة .

ومبدأ عدم اليقين يميز ميكانيكا الكم عن كل سائر الفيزياء لأنه يعلن رياضيا أن الجسيمات الذرية والنووية تتوزع على نحو عشوائى وغير مؤكد . وموقع أى جسيم عند أى لحظة لا يمكن توصيفه إلا باستخدام منظومة من الاحتمالات والاحصائيات .

وهذا العنصر من عدم إمكان التنبؤ هو الذى جعل ميكانيكا الكم غير مقبولة عند إينشتين . فهو قد أصر على أن ينظر للكون كمكان منظم قابل للتنبؤ . والنسبية العامة هى انعكاس متقن لهذه النظرة .

وبالنسبة لإينشتين فإن منظومة الكم هى غير مهيأة فلسفيا ورياضيا لأن توجد فى نفس الكون مع النسبية العامة . على أن الفيزيائيين اليوم يعتبرون أنها تتساوى أهمية مع النسبية العامة . وميكانيكا الكم مثلها مثل النسبية العامة قد صمدت دائما لكل اختبار تجريبى يصمم لها . وتُجرى هذه التجارب فى معجلات للجسيمات تحطم مكونات الذرة متناثرة حتى تتم معرفة ما تتكون منه ، وهى عملية يشبهها بعض المنظّرين فى حرقة بأنها مثل سحق ساعة لرؤية ما يتناثر منها .

ويبدو أن ميكانيكا الكم تطرح أن عالم ما تحت الذرة - بل وحتى العالم الذى يتجاوز الذرة - ليس له بنية مستقلة على الإطلاق إلى أن يتم تعريفه بالذكاء البشرى (وهذه النظرة للكون فيها ما يشابه الفلسفة الشرقية ، وقد أدت ، بما يثير فزع هوكنج ، إلى وفرة من أدبيات شعبية من مثل ما كتبه فريتجوف كابرا بعنوان " طاو الفيزياء " * وما كتبه مايكل تالبوت بعنوان " الصوفية والفيزياء الجديدة " وهى محاولات لربط ميكانيكا الكم بالصوفية الشرقية) وقد عجز الفيزيائيون عن التوفيق بين منظومة ميكانيكا الكم هذه والنظرة التى تضعها النسبية العامة عن الكون . وبينما تتيح النسبية

---

* المذهب الطاوى فلسفة دينية مبينة على تعاليم لاوتسى وتعد أحد الأديان الثلاثة بالصين وهى الطاوية والبوذية والكونفوشيوسيه . والطاو هو المبدأ الأول الذى انبثق منه كل وجود وتغير فى هذا الكون . (المترجم) .

العامة وجود مفردة كاملة التحدد كالسن المدبب عند بداية الزمان ، فإن ميكانيكا الكم لا تسمح بذلك ، لأنها تمنع أن يحدد فى الوقت نفسه على نحو مضبوط موضع وسرعة وحجم أى جسيم واحد أو مفردة .

وفى النهاية ، فإن ميكانيكا يجب أن يؤتى بها لتقوم بدورها على المسرح إذا كنا نريد أن نفهم وقائع الكون الدقيق جدا عند بدايات الأولى ذاتها . ولا يمكن أن يأمل المنظرون فى أن يجدوا النظرية الميدانية الموحدة التى تشرح وقائع الكون كله إلا إذا وفّقوا بين هذين المجالين من الفيزياء اللذين يبدوان وكأنهما مما لا يقبل التوفيق .

وقد بين عمل هوكنج أن صياغة نظرية كهذه ستتطلب أيضا فهما عميقا للثقوب السوداء ، التى تحوى فى بنيتها الجرداء المحظورة مشابهات رياضية لبداية الزمان فيها المفتاح لهذه البداية .

لقاء الثقب الأسود

في ٤ سبتمبر ١٩٧٨ نشرت مجلة « تايم » في صفحة الغلاف قصة الثقوب السوداء ، وكان هذا هو أوج الإثارة الشعبية عن هذه الأشياء غير المرئية والتي كثيرا ما أُسيء فهمها . وتم ذكر هوكنج على نحو بارز في عمود جانبي ، وأشير إليه على أنه « واحد من أهم المنظّرين العلميين في هذا القرن ، ولعله نظير لإينشتين » .

وعندما سألت هوكنج عن هذه المقارنة ضحك وقال « لا يصح أبدا مقارنة شخصين مختلفين – وأقل من ذلك صحة أن يقارن بين فيزيائيين مختلفين » . وأضاف وهو يقفل الموضوع « إن الناس لا يمكن تقديرهم تقديرا كميا » .

وهوكنج لا يجاول فكرة أنه استاذ في الثقوب السوداء ، ورغم أن انتباهه الآن مركز على أشياء أخرى – هي أساسا الكون المبكر جدا – فإنه مازال ينظر إلى الثقوب السوداء على أنها تروع وتسلي . وهو دائما على استعداد لأن يتحدث عنها .

وعندما سألته كيف يكون اللقاء مع أحد الثقوب السوداء ، أجاب ضاحكا « إنك لا تستطيع من هنا أن تصل إلى هناك . » ثم سألني بهزة من كتفيه لا تكاد ترى ، عن مدى عمق ما أود أن

أخوضه من الرياضيات بينما أخذ يشرح بالتفصيل عمله فى الثقوب السوداء .

وكما يقول هوكنج فإن الثقوب السوداء **هى شقوق فى نسيج المكان والزمان** جد كثيفة ومشوهة بتأثير قوى جاذبية لا يمكن تخيلها حتى أن الفيزيائيين ظلوا طيلة سنين يعتقدون أنه لا يمكن أن يهرب منها أى شىء بما فى ذلك الضوء . وهكذا فإنها بالتعريف غير مرئية . ولم ير أحد ولن ير أحد قط ثقبا أسود ، مهما كانت قوة تلسكوبه .

وهوكنج واثق من أنها موجودة . وهو يقول " إنها قد تكون كثيرة العدد بما يبلغ ألف مليون فى مجرتنا وحدها " . وسألته عن الدليل ، وأقر أنه حتى هذه اللحظة فإن وجودها يمكن إثباته فحسب كحلول خاصة لمعادلات النسبية العامة وببعض معطيات فيزيائية قليلة مبعثرة وغير مباشرة .

ورغم هذا الغموض ، فإن الفيزيائيين أخذوا فى الأعوام الأخيرة يطرقون موضوع الثقوب السوداء ، وسبب ذلك فى معظمه هو عمل هوكنج ، وهم يطرقون الموضوع حتى يفسروا كل شىء إبتداءً من خلق المجرات والأجرام السحيقة حتى المصير النهائى للكون نفسه .

ويقول لى هوكنج " إن هذا يشبه إلى حد ما استخدام مالا

يفسَّر من أجل تفسير مالا يفسَّر . " وهوكنج مثله مثل أى شخص آخر يبتهج بألغاز وغموض هذه الأجرام التى تعد أكثر الأجرام السماوية غموضا . " فى داخل الثقوب السوداء ينتهى أمر الزمان والمكان كما نعرفهما طبيعيا . وهذه فكرة مثيرة للإزعاج . "

ولو أن شيئا ، من مثل كويكب أو عالم للفلك ، اقترب من حرف ثقب أسود أكثر مما ينبغى فإنه أولا سيمتط شكله مثلما يمتط رباط مطاطى – وبعدها فإنه سيتلاشى داخل الثقب دون أى أثر . وبهذا المعنى ، فإن الثقوب السوداء **هى بمثابة مكانس شفاطة كونية** تمتص كل شىء تلاقيه ، إبتداءً من النجوم العملاقة حتى جسيمات غبار الفضاء والفوتونات التى تكون الضوء وليس فى الإمكان الفرار من ثقب أسود .

وهو كنج والمنظرون الآخرون مقتنعون بأن نظرية الفيزياء الموحدة التى طال البحث عنها – النظرية التى سوف تفسر التفاعل الرئيسى للكون – إنما هى قابعة على طرف الثقوب السوداء أو التكوينات الغريبة المشابهة التى انبثقت عند نقطة أو أخرى فى تطور الكون .

والتكوين الرياضى الذى من هذا النوع ينبغى أن يكون قادرا ، على الأقل من الوجهة النظرية ، على تفسير تكوين أى قطعة من المادة فى الكون ، كما يفسر أيضا كل القوى التى تتفاعل فيما بين

هذه المادة – وهذا يشبه نوعا مزج وصفة وحيدة تصلح للحساء والأسمنت وكل شيء يقع فيما بينهما ، وكل هذا وقد تم التعبير عنه رياضيا . ويؤكد لي هوكنج أنه رغم أن ذلك يبدو أمرا بعيد المنال فإن الفيزياء الآن على بعد عشرين عاما أو أقل من الوصول لهذه النظرية التي تشمل كل شيء .

وعندما سألت هوكنج كيف اهتم لأول مرة بالثقوب السوداء ، قال لي " إن الثقوب السوداء هي ما وضح لي لأول مرة أن القوى القوية التي تربط الجسيمات الأولية يمكن أن توجد بصحبة قوى الجاذبية الأضعف . وبالطبع ، فإن الثقوب السوداء لها فتنة خاصة بها وحدها بسبب ما فيها من غموض وبسبب الصور التي توصلها إلى الذهن البشري . "

والثقوب السوداء هي النتاج الطبيعي لموت النجوم . وإذا كان تقلص أحد النجوم قد يؤدي في النهاية إلى مفردة ، فإن الثقب الأسود يمكن أن يوصف بأنه الطور النهائي في موت النجم قبل الوصول إلى نقطة المفردة . والثقب الأسود هو الذي يحجب نهائيا المفردة عن سائر الكون ، خالقا انفصاما عما حوله من المكان – الزمان العادي .

وقد استخدم العالم الفرنسي بيير سيمون لابلاس أفكار نيوتن وحدها عن الجاذبية والضوء ، ليطرح لأول مرة في ١٧٩٦ ما يمكن

أن يحدث لأحد النجوم عندما يكون كبيرا بما يكفى . وقد كوّن نظرية بأنه من الممكن أن يحدث شد بالجاذبية هو قوى بما يكفى لاسترجاع كل ما يشعه النجم ، بما فى ذلك الضوء .

ويكتب لابلاس سابقا زمنه بما يقرب من قرنين ، فيقول « من الممكن لأكبر الأجـرام المضيئة فى الكون أن تصبح بالفعل غير مرئية » .

وفى حالة الشمس فقد ظل هناك تعادل بين القوى المتصارعة لما يقرب من خمسة بلايين سنة . ويعتقد علماء الفلك أنها ستظل فى توازن لمدة هى على الأقل تماثل ذلك طولا . ونظرياً ، فإنه بعد ذلك الوقت تبدأ الجاذبية فى النهاية فى كسب الصراع العنيف إذ ينفذ الوقود الذرى للشمس . وعندها فإن كتلة الشمس ، وهى تلك الكرة من الغاز الساخن الكثيف التى يبلغ قطرها ٨٦٥,٠٠٠ ميل ، سوف تبدأ فى التقلص .

وعندما تصبح مادة الشمس كثيفة بما يكفى ، فإنها ستصبح ما يسميه الفلكيون « قزما أبيض » ، وهو إسم مجازى يشير إلى كرة مزبدة من نوى الذرات هى والالكترونات السائبة ، وهى فى حالة الشمس تكون فحسب بما يقرب من أربعة أضعاف حجم الأرض ، أو هى شظية بالمصطلح الكونى .

على أن كتلتها ستظل بمثل ما هى عليه الآن . وكنتيجة لذلك ،

فإن شد الجاذبية على المادة الذرية عند سطحها سيكون أقوى كثيرا مما هو عليه الآن . وحتى يهرب شيء مثل سفينة صاروخية ، من سطح الشمس فإن السرعة المطلوبة لذلك تزيد لتصبح ٢١٠٠ ميل في الثانية بدلا مما هي عليه الآن من سرعة ٣٨٠ ميلاً في الثانية .

ويمكن للتقلص أن يستمر . والفيزيائيون واثقون من أن النجم قد يتقلص إلى مالا نهاية ، وحتى يصل النجم إلى نقطة اعدام الذات نهائيا فإنه يجب أن يكون نجما كبيرا حقا . أما في حالة الشمس ، فحيث أن كتلتها الإبتدائية هي فحسب من قدر متوسط ، فإنها ما إن تصبح قزما أبيض حتى تتوقف عن التقلص . وثمة قانون فيزيائي يسمى مبدأ الاستبعاد يتدخل عن هذه النقطة .

ويقرر هذا القانون أن الكترونين اثنين لا يستطيعان أن يشغلا نفس مجال الطاقة ، بمعنى أن هناك حدا للمدى الذي يمكن للمادة أن تعبأ فيه معا بإحكام . وهذا المدى يعد عاليا بالمقاييس العادية : وفي حالة القزم الأبيض ، فإن ملء كسبتان من الشمس سوف يزن أطنانا .

وإذا كان للنجم الأصلي كتلة أعظم - بما يقدر أنه ١,٤ ضعف كتلة الشمس أو أكبر من ذلك - فإن الجاذبية تتغلب على مبدأ الاستبعاد . ونجم كهذا إذ يمر من خلال مراحل التقلص بالجاذبية

فإنه سيتقلص بما هو أكثر ، محطما نويات الذرات بعيدا ، ومدمرا للذرات .

وفى النهاية فإنه يصبح " نجم نيوترونى " ، أى كتلة ثقيلة من النيوترونات عرضها أميال معدودة فحسب . وتكون سرعة الهروب من السطح هى ١٢٠,٠٠٠ ميل فى الثانية . وإذا كانت كتلة النجم تفوق ٣,٦ ضعفا لكتلة الشمس ، فإنه لن يتوقف عن الانكماش عند مرحلة النجم النيوترونى . وسيكون من الواضح أن الجاذبية هى التى تسيطر الآن ، وهى لا تظهر أى رحمة . فهى تشد النجم متقلصا على نفسه ، كضحية لوزنه هو ذاته . وأخيرا فإنه يصل إلى نقطة تكون عندها سرعة الهروب من السطح هائلة حتى لتبلغ ١٨٦,٢٨٢ ميلاً فى الثانية – أى سرعة الضوء . ولو أنك رصدت نجما عند هذه اللحظة بالضبط ، فإن إضاءته التى كانت كابية من قبل بحيث لا تزيد عن شبح كهرومغناطيسى ضعيف ، سوف تذوى الآن تماما .

وهكذا فإن الجاذبية تجعل من الضوء ضحيتها النهائية . وما كان نجما فيما سبق يصبح الآن ثقبا أسود غير مرئى مطلقا وبالكامل ، وسوف يظل هكذا لزمن طويل جدا جدا .

وقد استطاع الفلكيون التقاط آثار الأقزام البيضاء التى مازالت تشع ضوءا بما يكفى لأن يتم تصويرها بالتلسكوبات

الكبيرة ، وأمكن الكشف عن الأنّات الكهرومغناطيسية لنجوم النيوترون بواسطة تلسكويات الراديو . أما الثقب الأسود ، فهو بطبيعته مراسل سيء . وثمة اتفاق عام على أن الثقوب السوداء موجودة ، ولكن الفيزيائيين - الفلكيين - بل وحتى علماء الفيزياء النظرية - يتلهفون على إلقاء نظرة عليها .

وفيما يتعلق بهوكنج نفسه ، هل هو يؤمن حقا بأن للثقوب السوداء وجوداً يتجاوز وجودها في معادلة ملفقة ؟ الحقيقة أنه مع بعض فيزيائيين آخرين قد وصلوا إلى الإقتناع بأنه قد تم العثور على ثقب أسود واحد على الأقل .

ويقول مؤكـــدا « لو أنك نظـــرت إلى كوكبة نجوم الدجاجة Cygnus فإن هناك احتمالا كبيرا بأنك تنظر تجاه ثقب أسود » .

إن بعض النجوم تتحرك في أزواج تسمى بالثنائية ، وهما يدوران حول مركز جاذبية مشترك . ويستدل الفلكيون على أنه لو تقلص أحد النجمين اللذين في منظومة ثنائية إلى ثقب أسود ، فإن النجم الأسود غير المرئي سيظل محتفظا باحتضانه الجذبوي لرفيقه المرئي . وهوكنج واثق من أن الفلكيين قد عثروا على زواج مختلط هكذا في كوكبة الدجاجة (سيجنوس) ، التي تبعد ٦,٠٠٠ سنة ضوئية عن الأرض . وهو يقول « إن النجم المـــرئي هو نجم أزرق ممطوط ومشوه » . والسبب : هو أن رفيقه الثقب الأســـود يمارس عليه قوة شـــد جاذبية هائلة ، ليشـــده في شكل بيضة .

وعندما تم فى ١٩٧٣ اكتشاف ما يبدو هكذا أنه ثقب أسود فى المنظومة الثنائية المسماه سيجنوس إكس – ١ ، فإن ذلك أدى إلى هياج المنظرين من علماء الفيزياء الفلكية بأكثر مما لو كان كوكب آخر قد انطلق فجأة أمام الأنظار فيما وراء نبتون (ونبتون الآن بانعطافة مؤقتة فى مداره ، هو أبعد الكواكب عن الشمس) . وأصل هذا الثقب الأسود مازال موضوع تخمينات لا تنتهى .

وقد تراهن هوكنج مع واحد من أعز أصدقائه ، وهو كيب ثورن المنظّر الخطير في معهد التكنولوجيا بكاليفورنيا ، والرهان هو عن سلف ذلك الشىء الغامض فى منظومة سيجنوس إكس – ١ . فلو ثبت فى النهاية أن المنظومة الثنائية لا تحوى ثقبا أسود – مما سيحطم قلوب الكثيرين من الفيزيائيين – فإن هوكنج سيكسب اشتراكا لأربعة أعوام فى المجلة الفكاهية الانجليزية " العين الخاصة " . وإذا كان هناك ثقب أسود فإن ثورن يكسب اشتراكا لمدة عام فى مجلة " بنتهاوس " .

وهذا الرهان غير المتساوى بأربعة إلى واحد قد أصبح مشهورا نوعا فى دوائر الفيزياء . ما الذى يجعل هوكنج ، الذى تتطلب أبحاثه وجود الثقوب السوداء فعلا ، يراهن ضد وجودها ؟ وقد قال لى هوكنج ذات يوم أثناء حديثنا عن احتمال احتواء سيجنوس إكس – ١ على ثقب أسود « إن هذا الرهان هو فى الحقيقة حكم

على حالتى النفسية . والواقع أنى أستطيع أن أكسب الرهان بأسهل من كيب . إن أى عدد من الملاحظات – من مثل بث النبضات – يمكن أن يفند وجود الثقب الأسود » .

وعلى كل فهو واثق من أنه سيثبت فى النهاية أن سيجنوس إكس – ١ هو الشىء الحقيقى . ويقول « اذا لم يكن ثقبا أسود ، فلابد وأنه فى الحقيقة شىء عجيب جدا » .

ومن الممكن أن يكون الفلكيون قد عثروا على أكثر من ثقب أسود . فقد أعلن فريق من الكنديين والأمريكيين فى ١٩٨٣ أنهم قد اكتشفوا ثقبا أسود ثانيا ، وهو هذه المرة خارج مجرتنا . وقد كشفوا عنه بواسطة بثه لأشعة إكس قوية ، وقد وجدوه فيما يسمى « السحابة الماجلانية الكبيرة » ، وهى مجرة تابعة لدرب التبانة لا يمكن رؤيتها إلا من نصف الكرة الجنوبى .

وباستخدام تلسكوب من ١٥٨. بوصة فى المرصد الأمريكى المشترك فى سيرو تولولو بشيلى ، قدروا أن بعد هذا الثقب الأسود عن الأرض هو ١٨٠,٠٠٠ سنة ضوئية ، وأن وزنه يقرب من عشرة أضعاف وزن الشمس ، وأن بعده عن رفيقه الثنائى هو مجرد ١١ مليون ميل .

والثقب الأسود سواء كان فى داخل سيجنوس ، أو السحابة الماجلانية الكبيرة ، أو أى مكان آخر فإنه حسب أى تعريف له قاطن

غريب في الكون ، ووجوده فيه ازعاج لقوانين الفيزياء . وفوق ذلك ، فما الذى يمنع الثقب الأسود من أن يزيد حتى تقلصا - أى أن يتقلص حقا إلى مفردة ، شظية صغيرة بالغة الصغر من كثافة لانهائية ، من مثل المفردة التى كانت عند بدء الانفجار الكبير ؟

وهوكنج وبنروز قد برهنا فى أبحاثهما الأولى على أن هذا بالضبط ما يمكن توقع حدوثه فى حالة بعض النجوم التى ذوت محترقة . وتمكن هوكنج بعدها ، وهو يعمل مع زملاء آخرين ، من أن يبين أن الثقب الأسود هو فيما يحتمل سيستقر فى حالة ثابتة نوعا لا تعد بعد على علاقة بالنجم الذى تقلص منه الثقب . والحقيقة أن الثقوب السوداء التى من هذا النوع ستخضع فقط لثلاث معلمات قابلة للقياس : الكتلة ، وسرعة الدوران ، والشحنة الكهربائية .

ويقول هوكنج « لقد ثبت فى النهاية أن لهذا أهميته العملية الفعلية . » وكنت قد سألته أى فارق هناك ، عندما تكون هناك معلمات بالفعل لشىء لا يمكن رؤيته ولا قياسه .

وقال مفسرا " حسن ، إن هذا يعنى أول كل شىء ، أن بنية المجال الجذبوى لأى ثقب أسود يمكن التنبؤ بها على وجه الدقة . ويعنى ذلك أنه يمكن للمرء أن يشيد نماذجا للأشياء الفيزيائية - الفلكية التى يعتقد أنها تحوى ثقوبا سوداء - من مثل سيجنوس إكس - ١ . وعندها فإنه يمكن مقارنة خواص النموذج بالمشاهدات الفعلية .

وقد بدأت الثقوب السوداء فى الظهور كظاهرة فى سبعينيات هذا القرن . وأكدت لنا الملصقات خلف السيارات ، وكذلك قمصان تى أن « الثقوب السوداء لا ترى » . وأصبحت موضوعا شائعا فى الاستعراضات الكلامية ، وموضوع قفشات ونكات لا نهاية لها . ولعل الانفعال العام بالثقوب السوداء فى منتصف السبعينيات كان مجرد موضة . وبهذا المعنى فإن الثقوب السوداء كانت هكذا نوعا من مثلث برمودا فى الفضاء ، شىء يقبع فى مكان ما بين الباراسيكولوجيا ، والتنجيم ، والأطباق الطائرة ، والفلك .

وصورة الثقب الأسود هى أو صورة الانفجار الكبير كلاهما فيه ما يشوش العقل الباطن ويسره معا . وقد تكون الثقوب السوداء استعارة تعبر عن مصيرنا أو مصير الكون . وإذا كان من الممكن أن ينسحق نجم للداخل على نفسه ، فلم لا يحدث ذلك للكون كله ؟

ويقول هوكنج « إن تسمية هذه الأشياء بالثقوب السوداء كانت ضربة معلم من جون هويلر . إن الاسم ليستحضر الكثير من أوجه العصاب للبشر . ولا شك أن هناك رابطة نفسية بين تسمية الثقوب السوداء وشعبيتها » .

ثم يقول وهو يتأمل للحظة فى سيكولوجية المصطلحات العلمية ، « من المهم أن تطلق إسما جيدا على أحد المفاهيم . فإن ذلك يعنى أن اهتمام الناس سوف يتركز عليه . وإنى أفترض أن اسم (الثقب

الأسود) له بالفعل ما يكاد يكون نبرة درامية فيها مبالغة ، ولكنه أيضا فيه توصيف لأقصى درجة . إن له وقعا نفسيا قويا . ويمكن أن يكون منه صورة جيدة لمخاوف الانسان من الكون » .

وكما أن هناك خواءً تاماً بشأن ما كان قبل الانفجار الكبير ، فإن هناك خواءً تاماً فى المركز من الثقب الأسود . فالزمان الطبيعى يتوقف عن الوجود بمثلما هو غير موجود على وجه اليقين قبل الانفجار الكبير . وها هنا يكمن الكثير مما يجذب هوكنج إلى الثقوب السوداء وإلى الانفجار الكبير . وفوق ذلك فإن المفهومين يدخل فيهما معا العمودان التوأمان لفيزياء القرن العشرين : نظرية إينشتين عن النسبية العامة ونظرية ماكس بلانك عن الكم . وفى ١٩٧٤ طرح هوكنج فى مغامرة تنظيرية جسورة خطرة ، فكرة جديدة مذهلة عن الثقوب السوداء تشير لأول مرة إلى أن الكواركات والأجرام السحيقة قد تكون فعلا مما يعمل داخل حدود قانون وحيد للنيزياء ، وإن كان قانونا مخبوءا فى الأعماق .

استكشاف الثقوب السوداء

يبعد معمل روزرفورد - أبلتون بأميال معدودة عن الطريق السريع رقم ٤ ، وهى مسافة تُقطع بالسيارة فيما يقرب من ساعة ونصف الساعة للغرب من لندن فى تلك الأراضى المسطحة الجافةالخالية من الجمال والتى تقع جنوب أوكسفورد . وقد بُنى معمل روزرفورد - أبلتون فوق مساحة من أميال مربعة عديدة بما يجاور هارويل مباشرة ، وهو المرادف البريطانى لمعمل لوس ألاموس القومى بالقرب من سانتافى ، فى نيومكسيكو .

ورغم أن العلماء فى كلا المعملين يقومان بأبحاث أساسية فى فيزياء الجسيمات ، والفيزياء النظرية ، والطاقة ، فإن معمل لوس ألاموس وهارويل هما أساسا ورش لتصميم الأسلحة النووية . ورغم تباين الموقع الجغرافى فإن فى المعملين أوجه شبه معينة : أسوار من أسلاك شائكة تبدو بما لا يوفر أمنا ، وحراس لا مبالين فى منتصف العمر ، وعدد قليل نسبيا من نقاط التفتيش ، وكل ذلك مما يعطى فكرة تتناقض والعمل السرى للغاية الذى يجرى فى الداخل بينما يخلق جوا من لا مبالاة مدروسة من النوع الذى يفضله الفيزيائيون الذين يعملون هناك .

وفى شتاء ١٩٧٤ قام هوكنج برحلة من كمبردج إلى روزرفورد – أبلتون . وكان هدفه أن يلقى ورقة بحث ، وهى ورقة كان قد عمل عليها معانيا طيلة شهور . وكان مازال يعانى فيها يوم كان عليه أن يقدمها لمجموعة من الزملاء الفيزيائيين . وكان عنوان ورقة البحث هو « تفجرات الثقوب السوداء ؟ »

ومع أن هوكنج يكون عادة أكثر من واثق بنفسه ، إلا أنه كان قلقا على كيفية استقبال ورقة البحث . فما يطرحه فيها هو فكرة جديدة جدة جذرية ، وإذا كانت صحيحة فإنها ستدفع إلى إعادة التفكير على نحو أساسى فى الفيزياء النظرية . وكانت علامة الاستفهام فى العنوان إنعكاس لشكوكه هو نفسه . فالأمر وكأن إسحق نيوتن يشك شكا كافيا لأن يصدر كتيبا بعنوان « هل الجاذبية تشد الأشياء لأسفل ؟ » .

ورغم ما لهوكنج من جدارة سابقة فإن جمهور المستمعين كان محتشدا ضده . وكانت قاعة المحاضرات مليئة بفيزيائى الجسيمات ، والتجريبيين الذين يعملون على المعجلات . وهؤلاء يمكن أن يكونوا هم السم المميت لمنظّرى علم الكونيات ، الذين يتجه عملهم إلى صياغة المعادلات لأكثر مما ينبغى ، ولا يتجه إلا بأقل مما ينبغى إلى النتائج العملية بما يلائم معظم فيزيائى المعمل ، وكان يقف هناك أيضا واحد أو اثنان شاردان من فيزيائى الأسلحة النووية .

وبدأ هوكنج . فخفتت الأنوار ، وبدأت شرائح معادلاته تلمع على الشاشة ، وإذا إستمر هوكنج ، فقد أصبح واضحا أنه قد وصل إلى استنتاج مذهل عن الثقوب السوداء ، فكرة تناقض تماما الحكمة التقليدية وقتذاك .

وكان معظم الفيزيائيين هناك يجدون مشقة فى متابعة حجج هوكنج ، وكان ثمة أسئلة قليلة ، وسرعان ما انتهى هوكنج من طرح ورقته ، وعندما أضيئت الأنوار ثانية ، فإن مقرر الجلسة ، جون تايلور ، أستاذ الرياضة فى جامعة لندن ومؤلف الكتب العلمية الشعبية من مثل « الثقوب السوداء » و « شكل العقول الذاتية » (وهو كتاب من التأملات فى الباراسيكولوجى) ، هب واقفا وأعلن قائلا « آسف ياستيفن ، فإن هذا هراء مطلق » .

وورقة البحث التى طرحها هوكنج يومها فى روزرفورد – أبلتون كانت لها أصولها فى عمل كان قد قام به أولا فى ١٩٧٠ ، وكان الاهتمام بالثقوب السوداء قد ثار إلى حد عظيم قبل ذلك بعامين فى ١٩٦٨ ، عند اكتشاف مصادر أشعة كونية لاسلكية تنبض نبضا سريعا . وبعد بعض بلبلة فى أول الأمر فيما بين الفيزيائيين الفلكيين بشأن سبب هذه الأشعة ، اتفق عموما على تفسيرها بأنها ناجمة عن نجوم نيوترون تدور دورانا سريعا ، أشياء لها كتلة تكاد تماثل كتلة الشمس ، إلا أن قطرها لا يزيد عن عشرة أميال .

وقد سميت هذه « بالنابضات » ، وبدا أنها تثبت وجود نجوم النيوترون ، أى النجوم المتقلصة التى تتكون كلها تقريبا من نيوترونات تحتشد بكثافة مثل الاحتشاد فى نواة ذرة ، وهكذا فإنها جد ثقيلة حتى أن ملأ فنجان منها يزن أطنانا . ونجم النيوترون ليس ثقبا أسود ، فهو مجرد محطة فى الطريق إلى الثقب الأسود ، نقطة استراحة فى التقلص الذى يحدث عندما تتغلب جاذبية النجم على ما لفرنه الذرى من قوة ضغط للخارج .

وهذا الإثبات الظاهر على أنها موجودة فعلا يبين أن النظريات عن التقدم فى المسار الذى يتبعه النجم عندما يتقلص جوهريا صحيحة . وهكذا أصبح من السهل على علماء الكونيات أن يخطو لأبعد فى ١٩٦٨ قائلين « إذا كان نجم النيوترون موجودا ، وإذن فلماذا لا توجد أيضا الثقوب السوداء ؟ وعلى خلاف نجم النيوترون فإن الثقب الأسود لا يستطيع حسب تعريفه أن يبث أى نوع من الإشعاع ، وتأثيره الواضح الوحيد هو تأثيره الجذبوى على نجم قريب .وأتى الدليل على ذلك فى ١٩٧٢ مع اكتشاف سيجنوس إكس – ١ ، المنظومة الثنائية التى حثت هوكنج على أن يتراهن مع كيب ثورن .

وكان روجر بنروز قبل ذلك بثلاثة أعوام ، ١٩٦٩ ، قد ابتكر تجربة فكرية تقترح أن الثقب الأسود يستطيع أن يمارس على المادة

القريبة منه ما هو أكثر من مجرد التأثير الجذبوى ، وطرح بنروز أن الطاقة يمكن أن تُستخلص من ثقب أسود - إذا كان دوّارا، وسميت الفكرة « بالاشعاع الفائق » واقترح بنروز أن أنواعا معينة من الموجات التى على مقربة من الثقب الأسود سيحدث لها تكبير وتُبث بعيدا - بدلا من أن تُمتص - بواسطة الثقب الأسود .

وأشارت تجربة بنروز الفكرية أيضا إلى أن بعضا من طاقة الدوران التى للثقب الأسود نفسه يمكن أن تنطلق بعيدا عنه ، وكانت هذه أول محاولة لإظهار أن الثقب الأسود ليس من الضرورى له أن يوجد ككيان منطو على ذاته ومفصول عن كل المادة الأخرى التى فى الكون . فالثقب الأسود الدوار يمكن له أن يفقد طاقة كهربية أو طاقة دوران من خلال عملية تعرف بخلق الأزواج ، والفكرة هى أن الجسيم ومضاده - كالالكترون مثلا هو ومضاد الالكترون أو البوزيترون - يتكونان فى الخارج مباشرة من الثقب .

وبعدها نفرض مثلا ان الالكترون يتم شده بالجاذبية إلى داخل الثقب الأسود ، إلا أن البوزيترون يهرب ، وفى هذه العملية فإن جزءا دقيق الصغر من الشحنه الكهربية للثقب الأسود نفسه يتم إلغاوه ، كما أن جزءا دقيق الصغر من عزمه الزاوى Angular momentum - أو ه اللغّى - ينطلق بعيدا ، وهكذا فإن الثقب الأسود يكون قد فقد طاقة بالفعل ، وهذا أمر لم يفكر أحد قط فى إمكان وقوعه .

وكان هوكنج فى تلك الأيام يفكر بشأن الحد الذى يحيط بالثقب الأسو ، النقطة المحددة بالضبط التى يستطيع الضوء عندها بالضبط أن يهرب من القبضة القوية لجاذبية الثقب الأسود ، ويسمى ذلك « أفق الحدث » . وكلما زادت كتلة الثقب الأسود ، زادت مساحة سطح أفق الحدث .

ويمكن تصور أفق الحدث كنوع من غشاء يسمح بالنفاذ فى اتجاه واحد ويستطيع الضوء أن ينفذ فيه من الخارج ، ولكنه لايستطيع أبدا أن يخرج من داخله ، ولو كان ثمة راصد يجلس داخل الثقب الأسود فإنه يستطيع أن يرى ومضات الضوء وهو يدخل الثقب كرسالة شفرة من سفينة فضاء وراء أفق الحدث مباشرة . على أن الراصد لن يتمكن من إرسال إشارة رد . فالضوء أو موجة اللاسلكى أو أى شكل آخر من الطاقة لن يتجاوز أفق الحدث ، وقبطان سفينة الفضاء الذى ينتظر رسالة من أحد الكشافين الذى ذهب إلى داخل ثقب أسود ليرى ما يبدو عليه الأمر هناك ويرد بتقريره ، هذا القبطان سوف يظل منتظرا للأبد .

وأفق الحدث هذا الذى يجلب الاحباط للقبطان وكشافه ، هو إلى حد ما أقل احباطا لعالم الفيزياء النظرية ، والحقيقة أنه بالنسبة لهوكنج هو والفيزيائيين الآخرين المربوطين للأرض ، فإن أفق الحدث فيه بعض دلالات خلابة . وإحداها هى فكرة أنه ما إن يسقط الضوء

– أو أى شـئ آخر – فى ثقب أسود فإنه يصبح غير مرئى لراصد فى خارج الثقب ، وقد وسع الفيزيائيون هذه الفكرة عن فقدان المعلومة ، إلى ما يسمونه أنه نظرية أن « الثقوب السوداء ليس لها شَعر » .

وهذا التعبير العجيب ، الذى هو نموذج مثالى لنوع التعبيرات التى يحبها الفيزيائيون ، يعنى ببساطة أنه عندما يكون هناك ثقبان أسودان يتماثلان فى الكتلة والشحنة الكهربائية واللف ، فإنهما يبدوان متماثلان للراصد من الخارج بصرف النظر عما قد صنعا منه ، وحتى لو كان أحد الثقبين مصنوع من المادة والآخر من مضاد المادة فإنه لا يمكن التمييز بينهما ، بمعنى أن معظم القسمات الفيزيائية للثقب الأسود هى غير مرئية أبدا للراصد .

وحتى يفسر الفيزيائيون هذه الملامح غير المرئية ، فإنهم أدركوا أن كمية مسـاحة سطح الثقب الأسـود – أو بكلمات أخرى كمية أفق حدثه – هى الملمح الوحـيد الذى له دلالة فيما يتعلق بأى فرد فى الخارج معنى بالأمر . وهذا هو الملمح الوحيد الذى يمكن تفسيره بلغة من رقم فعلى له معناه ، حيث أن كل شئ آخر يتعلق بالثقب الأسود يكون خفيا عن الرؤية .

والدلالة الخاصة لكم أفق الحدث ، أى أكثر جوانبه إثارة للاهتمام ، هى ما كان يشغل هوكنج حوالى نهاية ١٩٧٠ ، وذات ليلة

وقد ذهب إلى فراشه خطرت له فكرة ، كانت من الوضوح بحيث تعذر عليه النوم باقى الليلة ، وكانت الفكرة ببساطة هكذا : إن كمية أفق حدث الثقب الأسود ، أى مساحة سطحه ، لا يمكن قط أن تنقص ، وهذا مفهوم مباشر تماما يمكن لأى فرد أن يفهمه دون عون من الرياضيات .

ويتحدث هوكنج بعدها عن مولد هذه الفكرة فيقول « حسن ، يجب أن يفوز المرء بإحدى الأفكار من مكان ما » . وفى الأيام التالية لتلك الليلة التى حرم فيها من النوم ، اختبر هو وقلة من زملائه هذه الفكرة رياضيا ، وبدا أنها صحيحة .وقد طبق هوكنج أفكار النسبية ليصل إلى استنتاجه عن أفق حدث الثقب الأسود . فلنفكر فى قبطان سفينة الفضاء الذى أرسل كشافه لينظر للداخل من ثقب أسود . إن الكشاف إذ يغادر سفينة الفضاء فى مركبه الصغير الطواف سيقترب مباشرة من الثقب ، ثم يهوى من خلال أفق الحدث . وعلى هذا النحو سيبدو الأمر للكشاف ، هذا إذا افترضنا أنه لم يهو إلى الخواء .

أما بالنسبة للقبطان وهو على مركبه ، فسيبدو له أن الكشاف يقترب من الثقب الأسود فى مسار بطئ - بلا نهاية - هو مسار لولبى من حوله الثقب ، وتكون السرعة الظاهرية لطوف الكشاف تتناسب تناسبا مباشرا مع سرعة لف الثقب الأسود نفسه ، إذا

كان ثقبا دوارا . والقبطان لن ير قط بالفعل كشافه وهو يخترق أفق الحدث .

ومقاييس الزمن المختلفة هذه يفسرها حال مبالغ فيه من تمديد للزمن ، هو نفس ما يخبره مسافر فضاء يسافر بسرعة الضوء .

وجاذبية الثقب الأسود بالقرب من أفق الحدث تكون هائلة جدا حتى أنها تشد كل الأشياء - بما فيها الكشاف المتقدم - وذلك بسرعة معجلة تقترب من سرعة الضوء .

وبالنسبة للقبطان وهو يرقب الأمر من سفينته للفضاء ، وهو آمن من شد المجال الجذبوي ، فإن الكشاف يبدو له وكأنه مسافر بسرعة تطرد بطئا بمعدل أسّي ، تماما مثلما يبدو لراصد فوق الأرض أن مسافر الفضاء الذى يطير بسرعة الضوء لا يزيد سنا على الإطلاق ، وهكذا فإن السرعة التى يبدو للقبطان أن المركب الطواف للكشاف يتباطأ بها هى سرعة تتناسب عكسيا مع شد الجاذبية عند أفق الحدث ، وكلما كانت كتلة الثقب الأسود أكبر - وكانت جاذبيته أعظم - زاد ما يبدو للقبطان من التباطؤ الظاهرى لعجلة الكشاف والعكس صحيح بالنسبة للكشاف : فكلما كان الثقب الأسود أكبر ، فإنه سيظن أنه يتحرك تحركا أبطأ خلال أفق الحدث .

وبالنسبة لهوكنج فإن فكرة النسبية العامة عن تمديد الزمان تعنى أن كمية أفق الحدث لا يمكن قط أن تبدو للراصد الخارجى فى

انكماش . وهذه الفكرة كانت خطوة لها دلالتها فى البحث النظرى فى الثقوب السوداء ، لأنها أرست لأول مرة قيدا شاملا على مسلك كل الثقوب السوداء : فأفق الحدث لا يمكن أن يقل ، وإنما يمكن له فحسب أن يزيد ، وقبل هذا الحدس لم يكن هناك أى نوع من تحديد للثقب الأسود سواء تحديد أستاتيكى أم ديناميكى .

وفكرة هوكنج من أن الثقب الأسود لا يقبل الأنكماش قد أرست أيضا رابطة مهمة مع مفهوم الأنتروبيا ، والانتروبيا بالتعريف تزيد أيضا بالزمن . وفكرة الانتروبيا ، وهى نتيجة تترتب طبيعيا على القانون الثانى للديناميكا الحرارية ، تعلن أن كمية الطاقة المتاحة لأداء مهمة فيزيائية يجب أن تتناقص دائما . وكلمة « الانتروبيا » هى الكلمة التى تعرّف هذا التدرج فى « قلة جدوى » الطاقة وهى تتحول من نوع إلى الآخر ، كأن تتحول مثلا من الكهرباء إلى الحرارة .

فشكل الطاقة الذى يكون ذا فائدة كبيرة ، كالكهرباء مثلا ، تكون له انتروبيا منخفضة . أما الطاقة من مثل الحرارة التى هى ذات جدوى أقل ، فإن لها انتروبيا كبيرة . والطاقة ذات الانتروبيا المنخفضة يمكن دائما تحويلها إلى طاقة ذات انتروبيا عالية . وهكذا فإن من السهل تحويل الحرارة إلى كهرباء . ومن المستحيل عكس هذه العملية . فالانتروبيا لا يمكن أبدا أن تقل . وهى دائما تزيد

بمعنى أن قلة جدوى الطاقة تتزايد . ويصدق هذا على أى منظومة - سواء كانت سيارة ، أو كمبيوتر ، أو نجما أو كونا . وحيث أن كمية أفق الحدث للثقب الأسود هى أيضا لا تتناقص قط ، فإن من المعقول أن نخصص لأى ثقب أسود قدرا من الأنتروبيا سوف يوصّف هكذا الكثير من خصائصه الفيزيائية والتى بدون ذلك تكون دائما غير مرئية للراصدين من الخارج .

على أن هذا قد أدى إلى صعوبة رئيسية : فلو خُصصت قيمة من الانتروبيا للثقب الأسود ، فلابد من أن يُعطَى له ايضا درجة حرارة حتى يمكن تشكيل نموذج ديناميكى حرارى صالح للعمل . ولكن الشىء ذو الحرارة يجب أن يشع حرارة ، والثقوب السوداء حسب تعريفها الكلاسيكى ، لا تبث شيئا على الاطلاق . وكانت هذه مشكلة لم يتمكن هوكنج من حلها لسنوات عديدة - حتى كتب ورقة البحث التى قدمها فى معمل روزرفورد - أبلتون .

وفى نفس الوقت فإنه لم يتــوقف عن العمـل على الثقــوب السوداء . ففى ١٩٧٠ طرح فرضابأن موت أحد النجوم ليس هو الطريقة الوحيدة التى يمكن أن تأتى بها الثقوب السوداء إلى الوجود ، وأنه من الممكن أن الكون يحوى ملايين من الثقوب السوداء ليست على الإطلاق نتيجة تقويض النجوم .

وحتى ذلك الوقت كان المنظرون يعتقدون أن المجال الجذبوى الوحيد الذى فيه ما يكفى لتكوين ثقب أسود هو ذلك الناتج عن

انكماش نجم له كتلة هى من عشرة أضعاف أو خمسة عشر ضعفا لكتلة الشمس . ولكن ما الذى يسبب ثقبا صغيرا أسود - ثقب يكون حجمه مثلا فى حجم نواة ذرة ؟ هل يمكن للجاذبية أن تشد أى نوع من المادة ، نجميا كان أو من أى نوع آخر ، ليصل إلى هذا الحجم ؟ كان هذا أمر يصعب سبره ، ذلك أن الجاذبية تكاد ألا يكون لها تأثير داخل شىء صغير مثل نواة ذرة .

على أن هوكنج وصل إلى استنتاج غير متوقع : فلو وقع ضغط على أى شىء بالدرجة الكافية ، حتى ولو كانت كتلة هذا الشىء هى فحسب كيلو جرام واحد أو اثنين ، فإنه يمكن أن ينضغط إلى كثافة هائلة . وعندما يتم هصر مادة شىء صغير ، مثل قطعة معدن ، إلى حيز صغير بما يكفى - أى إلى حجم بروتون مثلا - فإنه سيحدث عند نقطة معينة أن تصبح الجاذبية الذاتية هى القوة الغالبة . وإذ يستمر الانضغاط فسوف يظهر ثقب أسود دقيق الصغر .

على أن القوة التى تكون كبيرة بما يكفى لبدء عملية من هذا النوع لا وجود لها فى أى مكان على الأرض ، ولا فى مادة الكون المرئى . وقد أدرك هوكنج أن الإجابة تكمن عند بداية الزمان . فوقتها فقط كانت توجد المادة التى تشكل منها الكون وقد تموضعت فى نفس المكان وعند نفس الزمان وتحت ضغط يكفى لانتاج ثقوب سوداء صغيرة .

وكما يعرف هوكنج ، فإنه لا يمكن أن يحدث هذا قط فى كون متسق أكمل الاتساق . ولكن عندما يكون هناك عدم اتساق ، كأن تكون هناك مناطق أكثف كثيرا من غيرها ، فإن المناطق التى تزيد كثافتها إلى حد معين يمكن أن تتقلص إلى ثقوب سوداء صغيرة . وقدرت حساباته أن هذه الثقوب السوداء المصغرة يمكن أن تكون قد هصرت إلى الوجود فى المناطق ذات الكثافة المفرطة الموجودة فى الحساء الأولى البالغ الثراء ، والذى ظهر للوجود خلال جزء صغير من الزمان لا يمكن تصور صغره فهو يقع فى أول $١٠^{-٢٠}$ ثانية بعد الانفجار الكبير .

وهو يعتقد الآن ، أن من المحتمل أن يكون الكون مأهولا ببلايين من هذه النقط السوداء الدقيقة فى صغرها وإن كانت ذات قوة . وهو يتوقع أنها يمكن أن تكون قريبة لبعضها بمثل المسافة بين الأرض وبلوتو . ويمكن ترجمة ذلك إلى ١٠٠ مليون ثقب أسود دقيق لكل سنة ضوئية مكعبة فى الكون كله .

وبعد نشر ورقة بحث هوكنج ، احتضن الفيزيائيون هذه الفكرة عن الثقوب السوداء الدقيقة . وطرحوا بذلك إجابات عن العديد من الظواهر التى لم يكن لها قبلها أى تفسير ، ولعل فى هذا ما يوفر لنا ما يسمى بالكتلة المفقودة التى يظن المنظرون الفلكيون أنها مخبوءة فى مكان ما من الكون . وسرعان ما انتشرت أنباء هذه الفكرة فى مجتمع الفيزيائيين فى العالم كله .

وواصل هوكنج عمله على الثقوب السوداء الصغيرة ليصل إلى خطوته التالية التى كانت أشد خطواته جسارة : فهو يفترض أنه عندما يكون شىء ما دقيقا فى صغره مثل الواحد من هذه الأشياء الأولية ، شىء مثل جسيم فى ذرة ، فإنه يكون قابلا للتوصيف حسب ميكانيكا الكم .

وفى ١٩٧٣ كان يُعتقد على نحو شامل أن ميكانيكا الكم والنسبية العامة يتعارضان معا . إلا أن هوكنج رأى أن الوقت قد حان لاستكشاف احتمال إمكان التعبير عن الثقوب السوداء بلغة من ميكانيكا الكم رغم أن هذه الثقوب نفسها هى ملمح رئيسى من النسبية العامة .

وبدأ هوكنج مؤخرا فى تلك السنة يفكر فى كيفية سلوك المادة التى على مقربة من الثقوب السوداء ، كبيرة كانت أم صغيرة . وبحلول الخريف كان لديه بعض فكرة غامضة . وذات يوم بينما كان يفكر فى الطلاسم الرياضية للثقوب السوداء ، وصل إلى كشف يتعارض جذريا مع الأفكار السابقة بحيث أيقن أنه ولابد قد ارتكب خطأ كبيرا .

وجد هوكنج أن الثقوب السوداء فى تحد لكل قوانين الطبيعة المعروفة ، تبث تيارا ثابتا من الجسيمات . ولكنه مثل أى واحد آخر ، كان يؤمن بالنظرية التى تقول أن الثقوب السوداء لا يمكن أن

تبث أى شىء ، إلا إذا كانت تدور (وهذا فيما يحتمل) . وأنفق بعد ذلك أسابيع وهو يحاول أن يجد الخطأ فى حساباته .

إلا أنه اقتنع فى النهاية بأنه يمكن للثقوب السوداء أن تبث جسيمات وكان ما أقنعه بذلك هو تطبيق ميكانيكا الكم على حرف الثقب الأسود - أى بالضبط عند أفق الحدث . وكان استدلاله هو أن مبدأ عدم اليقين ، الذى هو بمثابة العمود الفقرى لميكانيكا الكم ، يعلن أن الفضاء الخاوى لا يكون قط خاويا حقا . فهو دائما نشط صخب . وهناك أزواج من الجسيمات الأولية مثل الالكترونات ومضادات مادتها أى البوزيترونات ، توجد لجزء من الثانية قبل أن تتحد ويبيد أحدها الآخر فى دفقة صغيرة من أشعة إكس .

وإذا كانت واقعة من هذا النوع يجرى حدوثها عند أفق الحدث ، فإنه يمكن لأحد الجسيمات أن يقع فى قبضة الجاذبية القوية ويهوى للداخل من الثقب الأسود ، فلا يمكن قط رؤيته أو سماع شىء عنه مرة أخرى . وبدلا من أن يتحد مع الجسيم الآخر فى إبادة متبادلة ، فإن الجسيم الآخر يصبح هكذا حرا فى أن يهرب بعيدا . وبالنسبة لمن يرصد ذلك سيبدو له وكأن هذا الجسيم الثانى قد انبثق خارجا من الثقب الأسود . (أى شئ حجمه أكبر ، وتحكمه قواعد النسبية العامة ، يمتنع عليه المساهمة فى واقعة كمية من هذا النوع) .

وفى أواخر ١٩٧٣ عدت هذه فكرة عجيبة وغير متوقعة . وكان

هوكنج ما زال لا يصدق نتائجه هو نفسه . وأنفق الأسابيع وهو يعمل على هذه المشكلة . وأخيرا أصبح واثقا من أنه قد حل المشكلة التى كانت تستفزه : من أين تأتى الطاقة اللازمة لهذه الواقعة الكمية عند أفق الحدث ؟ والإجابة التى كان هوكنج يشك فى أمرها طول الوقت والتى أمكنه فى النهاية أن يبرهن عليها رياضيا ، هى أن الثقب الأسـود نفسه ، بمجـاله الجذبوى الهائل ، هو الذى يمد بهذه الطاقة .

وهكذا فإن حسابات هوكنج قد نتج عنها استنتاج مذهل آخر : إن الثقب الأسود إذ تُستخدم طاقته فى بث الجسيمات - أو الإشعاع - فإن الثقب نفسه سيتآكل وئيدا بالزمن . وفى النهاية ، عندما يتبدد مجاله الجذبوى بدرجة لا يستطيع معها الاحتفاظ بتماسكه معا ، فإن الثقب ينفجر بددا فى وابل من أشعة جاما لها طاقة عالية .

والثقوب السوداء لا تنفجر كلها . ففى حالة الثقوب السوداء الكبيرة مثل تلك التى تتخلق بتقلص أحد النجوم ، أو الثقوب الماردة التى يعتقد الفلكيون أنها قد توجد فى قلب بعض المجرات ، سوف تستغرق عملية التبخر زمنا طويلا جدا - هو أضعاف كثيرة لعمر الكون . وفى حالة الثقب الأسود الذى تكون كتلته مثل كتلة الشمس مثلا ، أو مثل كتلة أى نجم متوسط ، فإن هوكنج يتصور أن التبخر والانفجار النهائى لن يحدث لمدة $١٠^{٦٦}$ سنة بعد أن تصبح تلك

الشمس ثقبا أسود . وحتى بلغة الكون فإن هذه فترة كبيرة جدا بما يجعلها بلا معنى .

على أن حسابات هوكنج قد بينت أنه يمكن للثقوب السوداء الصغيرة أن تتبخر وتنفجر بأسرع من ذلك كثيرا – فمتوسط العمر المتوقع لها هو ما يقرب من ١٠ بليون سنة ، وهذا زمن طويل ولكنه أقل نوعا من عمر الكون . وهو يقدر أن متوسط قطرها هو $١٠^{-١٣}$ سنتيمترا ، بما يقرب من حجم البروتون ، وأنها تزن بما يزيد عن وزن البروتون ببليون طن أو هى تقريبا فى وزن جبل إفرست .

وبث الجسيمات عند أفق الحدث سيكون بثا هائلا . وقد حسب هوكنج أنه يقرب من ستة آلاف ميجاوات ، وهو ما يماثل تقريبا ناتج ست محطات كبيرة للقوى النووية . على أنه ينبغى ألا تبدأ شركات المرافق فى التخطيط لاستخدام ثقب أسود صغير كمصدر للطاقة ؛ ولو جُلب أحد هذه الثقوب لسطح الأرض ، فإن وزنه سيدفع به ليخترق الكوكب بمثل ما تخترق إحدى الرصاصات وسادة من ريش .

والمرحلة النهائية لتبخر أحد تلك الثقوب السوداء ستجرى سريعا جدا بحيث تسبب انفجارا هائلا يساوى تفجر قنابل نووية من ١٠ مليون ميجاطن . ولم تكن هذه مجرد حسابات خاملة ، فقد كان هوكنج واثقا من أن لها مغزى حقيقى فى الكون الواقعى .

والحقيقة أنه تمكن من أن يبين كيف يمكن تجريبيا إثبات أو تفنيد نظريته عن الثقوب السوداء المتفجرة ، وهذا عنصر مهم فى أى نظرية علمية جديدة .

ولما كان مدى عمر الثقوب السوداء الدقيقة الصغر يقترب من عمر الكون ، فإن هوكنج قدّر أن بعضا منها ينبغى أن ينفجر من آن لآخر فى وقتنا الحالى بالضبط . وهذه الانفجارات سوف ينتج عنها انهمار هائل لأشعة جاما ذات الطاقة المرتفعة . ويعتقد هوكنج أنه سيكون من السهل الكشف عن هذه الدفقات باستخدام كشاف كبير لأشعة جاما يدور من حول الأرض . وقد اقترح أنه يمكن لمكوك الفضاء أن يُنشأ كشافا كهذا ، وهو يقدر أنه ربما يكون هناك انفجاران اثنان لثقبين أسودين لكل سنة ضوئية مكعبة لكل قرن ، يحدثان فى ركننا من الكون .

ومع هذا ، فإنه عندما وصل هوكنج لأول مرة لفكرة تبخر وتفجر الثقوب السوداء ، فإن هذه الفكرة كانت غير تقليدية إلى حد بالغ حتى أن هوكنج شك فى نتائجه هو نفسه . وظل لأسابيع يركز على هذه النتائج وهو يقلب الحسابات فى رأسه المرة بعد الأخرى . كان الأمر جد غريب وجد عجيب . ولن يصدقه أحد . والحقيقة أنه كان يقول « إن الثقب الأسود الذى يتآكل وينفجر لا يكون ثقبا أسود » كان الأمر يُعدّ أكثر مما ينبغى حتى بالنسبة لهوكنج .

ويبين توماس كوهن ، المؤرخ العلمي المبرز فى كتابه « تكوين الثورات العلمية » أن الأحداث العلمية الخارقة ذات الأهمية نادرا ما يتم تقبلها عند إعلانها لأول مرة . والعالم الذى ينجز حدثا خارقا - مثل كوبرنيكوس ، أوجاليليو ، أو وليم هارفى - يتعرض لتجاهله لسنوات أو حتى لنفيه .

وكان هوكنج فى أوائل ١٩٧٤ يخشى أن يحدث له ذلك . وكان يعرف أنه إذا كانت أفكاره عن الثقوب السوداء المتفجرة هى أفكار صحيحة ، فإنها سوف تثوّر من الفيزياء الفلكية . فقد كانت فكرة الثقوب السوداء الجامدة فكرة راسخة فى ثبات . ولو ثبت خطأ هوكنج ، فإنه سيستغرق أعواما ليستعيد مصداقيته .

وهكذا فإنه ظل ينتظر ، وهو يقلب حساباته فى رأسه المرة بعد الأخرى ، ولا يتحدث إلا لقلة معدودة من الزملاء والأصدقاء الحميمين، بشأن إشعاع الثقب الأسود الذى لا يذهب بعيدا . وإذ شك بعض زملائه فى هذه النتائج فإن هذا لم يكن فيه ما يعنيه . وذات يوم أتى مارتن ريز إلى دينيس سكياما ، وسأله « أما سمعت ؟ لقدغيّر ستيفن كل شىء . »

وطيلة هذه الأيام والأسابيع من عدم اليقين ، أخذ سكياما يحث هوكنج فى هدوء على إعلان نتائجه . وأخيرا تغلب رأى سكياما ، وقرر هوكنج أن يقوم برحلته إلى روزرفور - أبلتون . وتبين أن أول

رد فعل كان أسوأ مما يخشى . أيمكن أن يكون فعلا على خطأ ؟ وظل هوكنج فى تساؤله هذا لفترة وجيزة .

وفى الشهر التالى نشر نتائجه فى مجلة « الطبيعة » ، وهى مجلة علمية بريطانية لها قدرها . وخلال أيام كان الفيزيائيون فى العالم كله يتحدثون عنها . وفى الأسابيع التالية أصبح استكشاف الثقوب السوداء من الأفكار الحديثة التى هى أكثر ما يتم الحديث فيه من المؤتمرات العلمية . بل إن قلة من الفيزيائيين عدت هذه النظرية الجديدة واحدة من أهم الكشوف فى الفيزياء النظرية منذ سنين مضت . أما سكياما المعجب بهوكنج كل الاعجاب ، فقد أعلن أن ورقة البحث هذه « هى واحدة من أجمل الأوراق فى تاريخ الفيزياء . »

وديناميات الثقوب السوداء التى كشف عنها لها دلالات مهمة كثيرة . فهى عند عكسها تصبح مشابهة لبعض ما يُعتقد أنه قد حدث أثناء اللحظة التالية للانفجار الكبير وهكذا فقد بدا أن هذا النموذج يمكن أن يساعد الفيزيائيين على فهم الطريقة التى تخلقت بها الجسيمات تحت الذرية وتفاعلت أحدها مع الآخر اثناء لحظات التكوين المتفجر . وأهم من ذلك أن هوكنج ، بتطبيقه لميكانيكا الكم على الثقوب السوداء ، يكون قد اتخذ أول خطوة تجريبية نحو العثور على التفاعل الأساسى الذى قد يوحد معا ميكانيكا الكم

والنسبية العامة . وتوحيدهما هذا ، الذى يسمى تكمية الجاذبية ، هو أصعب مشكلة فى الفيزياء .

ومنذ ١٩٧٤ ، أخذت تتراكم الأدلة الرياضية على أن الثقوب السوداء تبث الجسيمات بالفعل وثبت ذلك بواسطة منظّرين آخرين يستخدمون أوجه تناول مختلفة . وبث الثقوب السوداء هو نفسه ما يسمى « باشعاع هوكنج » ، ويمكن لأى فيزيائى فى أى مكان أن يخبرك بالضبط عما يعنيه ذلك .

السؤال النهائى

بالنسبة لما فى الكون لا يوجد ما هو أصعب من أن يتصور المرء وجود ثقب أسود . على أن الانفجار الكبير هو وحده الذى أثار الرؤى فى ذهن الفيزيائيين بأكثر من الثقب الأسود . وقد ظل الانفجار الكبير يعاود هذه الأذهان المرة بعد الأخرى – فى حسابات لا نهاية لعددها فى آلاف الرء وس – وذلك فى زمن لا يزيد إلا قليلا عن ربع القرن .

أما من لا يكون فيزيائيا فقد يرى الأمر كالتالى : فى خواء مطلق حتى أنه يتجاوز أى مفهوم بشرى عن الخلاء ، تظهر نقطة وحيدة ذات إمكانات أولية . وهذه النقطة التى تحمل فى نفس لحظة تخليقها كل المادة ، وكل الكم ، وكل الطاقة ، وكل الزمان ، لا تلبث أن تنفجر لتفرغ كل محتوياتها .

والمادة كلها ، والقوى كلها ، تكون فى لحظة نشأتها غير متميزة إحداها عن الأخرى . وإذ يتمدد الكون ويبرد ، فإن المادة والقوة تنشق منفصلة ثم تنشق ثانية . وعندما يكون الكون مازال فى أول جزء من بليون الثانية من تاريخه ، فإنه يواصل التكسر . وسرعان ما تتخذ كل مكونات المادة كياناتها المنفصلة – أى تلك الجسيمات

التى نسميها الآن الكواركات واللبتونات (*) ، التى تصبح متدرجة فى صنوف منفصلة لا يحدث قط أنها تنضم معا ثانية .

والقوة الوحيدة التى دفعت إلى هذا الطوفان الجائح هى أيضا تتكسر لتنفصل عنها قوى جديدة مع تشكل الكواركات واللبتونات، وتصبح الجسيمات المختلفة مرتبطة للأبد بالقوى الجديدة التى تم خلقها . ومازالت ثلاث من هذه القوى المنشقة تعمل من داخل الذرة. وأقوى تلك القوى هى القوة القوية التى تُبقى مكونات النواة متماسكة معا – أى الكواركات التى تؤلف البروتونات والنيوترونات . أما القوة الكهرومغناطيسية فهى أضعف من القوية ألف مرة ، وهى تبقى على الإلكترونات التى هى نوع من اللبتونات ، فى مدارها حول النواة . وهذه القوة تجعل الذرات تبدو جامدة وهى أيضا مسئولة عن موجات الراديو والضوء .

والقوة الضعيفة أضعف مائة مرة من الكهرومغناطيسية ، وهى تسبب التحلل الإشعاعى بأن تحلل وئيدا النيوترونات التى فى ذرات عناصر معينة كاليورانيوم . وكل القوى تنتقل بواسطة البوزونات الناقلة – أى الجسيمات الحاملة للقوى والتى توجد لجزء من

(*) اللبتونات صنف من الجسيمات تحت الذرية يشمل الالكترون ، والنيوترينو ، والتاو ، والميون – أى كل الأشياء التى توجد خارج النواة ، أما النواة فتتكون من نيوترونات وبروتونات ، تتكون هى نفسها من كواركات .

الثانية ، لتنقل القوة – بطريقة تشبه كثيرا الطريقة التى تنتقل بها الطاقة بين أفراد فى قوارب للتجديف يتقاذفون فيما بينهم كرة التريض (*) جيئة وذهابا ، ليحدث ارتداد مع كل رمية .

والبوزونات الناقلة تعيش فحسب لجزء من الثانية أثناء نقلها لقوتها . والأمر كما لو كانت كرة التريض التى يتم تقاذفها بين قوارب التجديف ، تختفى بعد كل مسكة . وهناك بوزون ناقل يسمى الجلون (**) هو المسئول عن القوة النووية القوية ، أما الفوتون ، فجسيم بلا كتلة هو فى خارج الذرة يكون الضوء ، وهو البوزون المسئول عن القوة الكهرومغناطيسية .

وفى حالة القوة الكهرومغناطيسية والقوة النووية القوية ، تسلك البوزونات مثل كور تتطاير جيئة وذهابا بين لاعبى السيرك ، وتنفيذ هذه الحركات يبقى على اللاعبين معا أثناء تبادلهم للطاقة فيما بينهم . وهناك ثلاثة جسيمات – يُسمى اثنان منهما جسيما دبليو (W) والآخر جسيم زد (Z) – وهى تنقل القوى المسئولة عن التحلل الإشعاعى . وقد اكتشفها لأول مرة فريق يرأسه كارلو روبيا فى المجلس الأوروبى للبحوث النووية فى جنيف عام ١٩٨٣ .

(*) كرة التريض Medicine ball كرة كبيرة ثقيلة مكسوة بالجلد يتقاذفها الأفراد للرياضة . (المترجم)

(**) جلون Gluon من Glue أى عامل لصق . (المترجم) .

أما الجاذبية فهى أضعف القوى ، وهى القوة الأخرى الوحيدة التى يعرف أنها تعمل فى الكون ، وهى أضعف بما يصل إلى حوالى $١٠^{٣٨}$ مرة من القوة النووية القوية . والبوزون الناقل لها ويسمى الجرافيتون ، لم يتم بعد الكشف عنه ، ولكنه نظريا هو الذى يسبب الجاذبية ، وهى قوة ليس لها تأثير ذو دلالة فى داخل الذرة لأنها قوة لا تعمل إلا على كتلة كبيرة .

ولم ينشأ إلا فى العقد الماضى فقط تلك النظريات الموحدة الكبرى التى تحاول أن تبين أن القوى الثلاث تحت الذرية هى عناصر لتفاعل أساسى واحد . ولم تظهر بعد نظرية موحدة تشمل الجاذبية .

وقد حدثنى ذات مرة شيلدون جلاشو ، وهو واحد ممن حازوا جائزة نوبل بالمشاركة لعمله على النظريات الموحدة الكبرى ، فقال «عندما كان الكون ساخنا جدا جدا ، فإننا نعتقد أن كل القوى ربما كانت قوة واحدة . وهذه القوة الواحدة الأساسية ، والتى تبدو وكأنها قوة سحرية ، هى ما نحاول الآن كلنا أن نكتشفها» .

ويوافق هوكنج على ذلك . «إن توحيد القوى الأربع فى تفسير رياضى وحيد هو أعظم مطلب لكل العلم . » .

وسألته كيف يفترض الوصول إلى هذا المطلب ، وماذا يكون هدفه الشخصى هو نفسه .

وقال فى وقار مفاجئ : «إن هدفى بسيط . إنه فهم الكون فهما كاملا ، ما السبب فى أنه ما هو عليه ، لماذا يوجد على الاطلاق.» .

وخططت هذه الأفكار فى إحدى الكراسات . وعندما رفعت بصرى كان هوكنج ينفجر ضاحكا وعيناه تومضان .

وسألنى : «ألا تبدو هذه الكلمات مألوفة لك ؟» وبعد لحظة تفكير وجدت أنها حقا كذلك . وكنت قبلها بسنة قد كَتبت قصة عن هوكنج ظهرت فى مجلة علمية شعبية أمريكية . وفى مكان بارز فى أول القصة ، كنت قد استشهدت بهوكنج وهو ينطق بنفس هذه الكلمات التى قالها لى عندما قابلته فى العام الماضى .

ومع ذلك ، فإن هوكنج مثل معظم الفيزيائيين النظريين ، يؤمن الآن أن السر فى أعظم هدف محير بين كل الأهداف إنما يكمن فى الكون المبكر جدا ، فى الفترة التى هى خلال أول جزء من الترليون من الثانية بعد بدء الانفجار الكبير . فعندها كانت القوى الأربع التى نراها الآن فى كوننا البارد المستقر ، هى قوة واحدة فيما يحتمل . وقد تم طرح ذلك بناءً على التفحص فى الأحداث التى وقعت عند اللحظة غير المعقولة التى كان عمر الكون عندها فحسب $١٠^{-٣٢}$ أو $١٠^{-٣٣}$ من الثانية . إلا أن هوكنج يعتقد أنه يلزم الارتداد بالأمر لما هو حتى أبعد من ذلك – بما يزيد فى الحقيقة عن واحد من البليون .

وهو يقول : «أود أن أعرف بالضبط ماذا حدث بين $١٠^{-٣٣}$ من الثانية و $١٠^{-٤٣}$ من الثانية . فهاهنا تقبع الإجابة النهائية عن كل الأسئلة عن الكون بما فيها الحياة نفسها» .

«والفكرة الكلاسيكية عن الزمان تنهار فى وقت ما قبل ذلك – وقت ما هو بين $١٠^{-٣٣}$ و $١٠^{-٤٣}$ من الثانية . وقد كتبت أخيراً ورقة بحث تعنى أساسا بالكون عند $١٠^{-٣٣}$ من الثانية ، ولكن شاغلى الحقيقى هو ما يحدث فى وقت وراء ذلك . ولا أعتقد أن هناك حقا نموذجاً محدداً جدا عند هذه النقطة . ولا يبدو حتى الآن أن هناك ما يمد بإجابة» .

وهناك عدة قيود لأى تفسير لبداية الزمان . وأولها أنه لم يكن هناك أى فرد موجود ليرصدها . وأى نظرية تزعم أنها توصف الانفجار الكبير يكون فيها قدر هائل من الاستقراء من الأدلة التى مازالت موجودة للآن . وإشعاع الخلفية الذى يتخلل الكون كله هو أحد الروابط الرئيسية التى تربط البشرية بالخلق . وكما أن الفحم الذى يتم العثور عليه فى دائرة من الصخور فى الغابات ، يكون دليلا قويا على أن شيئا ساخنا وجد هناك من قبل ، فإن هذه الأشعة تبين للفيزيائيين ما كان عليه الكون عندما انفصلت المادة والإشعاع أحدهما بعيدا عن الآخر . ولما كان هذا الإشعاع متسقا جدا ومنتشراً جدا ، فإنه يدل على أن نماذج علم الكونيات عن كون

متجانس – أو موحد الخواص – لهى نماذج صحيحة جوهريا . والبرهان الآخر الجوهرى الذى يجب أن يؤكد علماء الكونيات صحته هو نسبة الهيدروجين/الهليوم الموجودة الآن فى الكون وهى ٧٥:٢٥ فى المائة . وهوكنج ومعظم الفيزيائيين الآخرين يعتقدون أن هذه النسبة قد نتجت وعمر الكون مازال دقائق معدودة لا غير .

وسألت هوكنج كيف يمكن للعلماء أن يثقوا من أنهم أخيرا قد بدأوا يسبرون اللحظات المبكرة للكون . أليس من المحتمل أن يتجاوز علماء الكونيات فترات بأكملها فى نشأة الكون ، أو أن يسيئوا تفسير مشاهدات أساسية إساءة بالغة ؟

وقال : « حسن ، هذا ممكن . ولكن تذكر أننا دائما نستطيع أن ننظر وراء فى الزمان بأن نتطلع لأبعد فى الفضاء بواسطة تلسكوباتنا . وكلما زاد بعد ما ننظر إليه فى الفضاء ، اقتربنا أكثر من البداية » .

فسألته : «ولكن ألا يعنى هذا أننا نفترض أن كل شئ بعيد هناك هو وكل شئ هنا هما نفس الشئ وأنه يعمل بنفس الطريقة ؟ » .

«إنه ليعنى ذلك » .

« أفلا يشير هذا إلى أننا نؤمن بأن القوانين الطبيعية التى اكتشفناها فى عصرنا كانت دائما تعمل فى الكون » .

«إنه كذلك حقا» .

«ولكن ألا يكون العلماء إذ يفترضون هذه الفروض ، إنما يقومون بوثبة عقائدية هى ميتافيزيقية أكثرمنها علمية ؟»

«إن المرء يفترض افتراضات متطرفة نوعا وهو يبحث فى بداية الكون ، ولكن معظم الحقائق – من مثل إشعاع الخلفية – يبدو فيها ما يؤيد ذلك . وحتى الآن ليس من سبب لأن نعتقد أن حساباتنا غير صحيحة على أى نحو جوهرى» .

والحقيقة أن المشاهدات التى أجريت فى الفضاء والتى أجريت فى داخل المعجلات القوية قد رسمت سيناريو متماسكا على نحو ملحوظ عن الرحلة المرتدة وراء في الزمان . وهناك فى هذه الرحلة عدة محطات توقف أساسية ، نقط لها دلالتها الخاصة حيث يحب المنظِّرون تفحص الأحداث تفصيليا .

وأول هذه المحطات هى عندما كان عمر الكون بليون سنة . ويعتقد علماء الفيزياء الفلكية أنه فى وقتها بدأت تتشكل الأجرام السحيقة – وهى التى يعتقد الآن أنها أقصى الأشياء بعدا فى السماء . وطريقة تشكيلها مازالت للآن أحد الموضوعات الرئيسية لمؤتمرات الكونيات . على أنه من المتفق عليه عموما أنه فى حوالى ذلك الوقت بدأ الكون يتخذ شكله المألوف ، نقط لامعة فى سماء سوداء

ومحطة التوقف التالية هى عندما يزيد على ١٠ ملايين سنة خلت ، عندما كان عمر الكون مجرد ٥٠٠,٠٠٠ سنة . وهذا هو الوقت الذى انضمت فيه الجسيمات الأولية معا لتشكل الذرات . وقبل هذا الوقت كان الكون أسخن من أن يحدث للألكترون أن يقع فى مدار كمّى من حول النواة ، فكان الكون بحر يغلى من الكترونات ونوى سائبة .

والفيزيائيون يمكنهم وضع علامة عند هذه النقطة لأنهم يعرفون بالضبط القدر المطلوب من القوة الكهرومغنطية لإبقاء أحد الإلكترونات مرتبطـا بنـواة أى ذرة لأحد العناصر . وكل ما يلزم هو تحويل هذه القوة إلى مكافئها الحرارى فنرى ما هى النقطة التى مر بها الكون المبترد عند هذه المرحلة . والإجابة هى نصف مليون سنة .

وحسب ما يقول هو كنج « ما إن تبدأ الذرات فى التشكل ، حتى يمكن للمادة أن تتكثف فى مجرات ونجوم ، ويمكن للجاذبية أن تبدأ فى القيام بدور مهم فى نشأة الكون » . وحوالى هذه النقطة أيضا أخذ الضوء يتمكن من الانتقال خلال الكون كله .

ومحطة التوقف التالية فى الرحلة وراءً هى عندما يقرب من ١٠٠,٠٠٠ سنة . ويكون العنصران الرئيسيان فى الكون هما المادة التى تصنع المجرات والنجوم والكواكب والناس ، والإشعاع الذى

يكون خلفية من الميكروويف . واليوم فإن إشعاع الخلفية هو والمادة يكاد لا يكون بينهما أى تفاعل أحدهما مع الآخر .

على أنه فى العمر المبكر للكون – عندما كانت الكثافة والحرارة أعلى كثيرا جدا مما هى عليه الآن – كانت المادة والإشعاع يتفاعلان معا تفاعلا قويا . ويعتقد المنظرون أن فوتونات خلفية الميكروويف كانت فى الحقيقة تقترن مع البروتونات والنيوترونات والإلكترونات التى تصنع المادة . وإذ برد الكون ، تم انفصال الإشعاع والمادة ، وحدث هذا بعد ١٠٠,٠٠٠ سنة . وخلفية الميكروويف التى اكتشفها أرنولد بنزياس وروبرت ويلسون فى ١٩٦١ هى أثر باق من لحظة انفصال الإشعاع عن المادة .

والمحطة التالية وراءً للمنظرين هى عند طفولة الكون – عندما يقرب من دقائق ثلاث بعد وقت الصفر . ويقول هوكنج «إن هذه لنقطة مهمة . وقبل الدقائق الثلاث ، كان الكون أسخن من أن يسمح بارتباط البروتونات والنيوترونات معا فى نواة . وعمر الدقائق الثلاث هو الذى يجب أن نبدأ عنده فى التطلع بحرص بالغ إلى القوة القوية» .

وإذا حدث بالفعل أن اتحد معا أحد البروتونات مع أحد النيوترونات أثناء الدقائق الثلاثة الأولى ، فإن ما يحدث من اصطدامات مع الفوتونات التى من إشعاع الخلفية أو مع

الجسيمات الأخرى سيؤدى إلى ضربهما حتى ينفصلا . أما عند عمر الدقائق الثلاثة ، فإن الأشياء تكون قد بردت بما يكفى لأن تتمكن القوة القوية من البدء فى شد بروتون ونيوترون معا أو بروتون ونيوترونين معاً ليكونوا نواة للهيدروجين الثقيل .

وفى نفس الوقت تقريبا ، يتم خلق نوى الهليوم من زوج من البروتونات ونيوترون واحد أو نيوترونين ، وهذا هو الوقت الذى تم فيه إرساء نسبة ٧٥ : ٢٥ بين الهيدروجين/الهليوم ، وهى النسبة التى مازالت موجودة للآن . كما تتكون أيضا نوى لعناصر أخرى خفية معدودة عند علامة الدقائق الثلاث ، أما العناصر الثقيلة مثل الحديد والذهب فلم تبدأ صياغتها فى أفران النجوم إلا بعد مرور ملايين من السنين بعد ذلك .

والصورة جد واضحة عند نقطة الدقائق الثلاث . فتفاعلات القوة القوية السائدة وقتها ، هى مفهومة جيدا . بل إن المعجلات من الحجم المتوسط يمكنها أن تخلق ظروفا جد مشابهة لتلك االتى وجدت فى هذا الوقت .

وباستمرار العد وراءً أثناء الدقائق الثلاث الأولى ، فإن الكون يكون أساسا فى مرحلة من انخفاض للحرارة . وعند حوالى $\frac{١}{١٠٠}$ من الثانية بعد وقت الصفر ، يكون الكون ساخنا بما يكفى بحيث يتم خلق مئات الأنماط من الجسيمات ثم فناؤها فى

الطاقة الناجمة عن اصطدامها الواحد بالآخر وتبلغ درجة حرارة الكون وقتها ما يقرب من ٢٠٠ بليون درجة بمقياس سلسيوس (*) .
وهذه العلامة عند جزء واحد من المائة من الثانية لها أهميتها بمعنى آخر . فالفيزيائيون واثقون إلى حد ما من أن معلوماتهم صحيحة فى رحلتهم إلى الوراء حتى هذه النقطة .

ويقول هوكنج : «إن السيناريو واضح هنا ، ولا يوجد إلا أوجه اختلاف قليلة حتى عمر جزء واحد من المائة من الثانية» ($\frac{١}{١٠٠}$ ثانية) .

ومن هذه النقطة وراءً ، فإن علماء الكونيات عند بحثهم عن التاريخ المفقود للكون ، يضطرون إلى الاعتماد على أبحاث علماء فيزياء الجسيم ، الذين مازالت معجلاتهم قادرة تماما على خلق الظروف المماثلة على الأرض . وبكلمات أخرى ، فإنه حتى المعجلات المتوسطة الحجم مازال فى إمكانها مضاهاة طاقة الكون عند هذه النقطة .

وهناك علامة طريق أخرى بين عمر جزء من عشرة آلاف من أول ثانية ($١٠^{-٤}$) وجزء من المليون من أول ثانية ($١٠^{-٦}$) . ووقتها يتم خلق المكونات الأساسية للمادة فى الكون فى شكل كواركات تتحد فى مجموعات من ثلاث ، مشكلة النيوترونات والبروتونات . أما قبل ذلك

(*) درجات سلسيوس هى درجات الحرارة المئوية . (المترجم)

فإن الكون يكون حساءً فائرا من الكواركات ، هو مفعم بالطاقة والكثافة المحتشدة بما لا يسمح بتشكيل جسيمات النواة .

والفيزيائيون يستخدمون بالفعل فكرة «حساء الكوارك» ليتغلبوا على مشاكل نظرية معينة يواجهونها عند هذه النقطة . وعند $١٠^{-٤}$ من الثانية تكون كثافة الكون جد هائلة حتى أن قدر المسافة بين كل البروتونات والنيوترونات يكون صغيرا بمثل حجم أحد هذه الجسيمات نفسه . وهذه المسافة هى أضيق نوعا من أن تريح الفيزيائيين الذين يضطرون إلى كتابة توصيف جديد بطريقة سلوك الجسيمات تحت الذرية فيما لو كان عليهم تبرير كثافة كهذه .

ولحسن حظهم ، فإن إحدى خصائص القوة النووية القوية ، التى تبقى على تماسك جسيمات النواة معا (النيوكلونات) داخل نواة الذرة ، هى أن هذه القوة تزيد بزيادة المسافة . وكلما تقاربت الجسيمات ، قلت القوة . ويصدق هذا على البروتونات والنيوترونات كما يصدق على الكواركات التى تصنعهما .

وهكذا أنشأ الفيزيائيون نماذجا حيث الكون المبكر ذو الكثافة العالية هو مزيج من جسيمات منفصلة بالكاد ولا يتفاعل أحدها مع الآخر - أى النموذج المسمى حساء الكوارك . وهو يفترض أن درجة الحرارة تصبح ببساطة أعلى وأعلى كلما اقتربنا من وقت الصفر . وإذا كان النموذج صحيحا ، فإن ذلك قد يعنى أن الحرارة

تظل تتزايد مباشرة حتى حائط بلانك ، وهو النقطة التى يكون عمر الكون عندها $١٠^{-٤٣}$ من الثانية ، والتى لا تصلح حسابات الفيزيائيين فيما وراءها .

وهناك نماذج أخرى تعرض ما يسمى بالانفجار الكبير البارد . ولا يعنى هذا أن الكون بدأ بانفجار بارد ، وإنما يعنى بالأحرى حدوث تمدد افضاء لم تكن حرارته عند البداية أسخن بالضرورة عما ستكونه بعد ذلك بجزء من التراليون من الثانية . والكوراكات فى النماذج التى من هذا النوع لا يلزم اشتراكها فى الأمر . وبدلا من ذلك ، فإن أنصار النظرية يطرحون أن عدد الأجسام الأولية يتزايد دون أى حد ظاهر قرب بدء الكون .

ويبدو هذا كمفارقة . فالكون تاريخيا ظل دائما يبرد . وهو الآن يبرد . وهكذا فإننا عندما ننظر وراءً فى الزمان لأبعد وأبعد ، ينبغى أن نرى الكون أسخن وأسخن ، ويستمر ذلك مباشرة حتى لحظة المفردة عند البداية . على أن هذه النماذج تزعم أن الطاقة الجوهرية للكون المبكر جدا مضت فى خلق عدد متزايد أبدا من جسيمات تتزايد كتلتها وتتزايد ، بحيث أننا منذ أول البداية ذاتها نرى انفجارا كبيرا هو بارد نسبيا .

إلا أن نموذج حساء الكوارك هو الذى يتمتع عند المنظرين بشعبية أعظم مما لنموذج الانفجار الكبير البارد ، ورغم أن هوكنج

يقـول وعينـاه تومضــان « قد يغير (المنظرون) رأيهـم - وكثيرا ما يفعلون » .

والكون أثناء أول $١٠^{-١٠}$ من الثانية بعد مولده يكون قد نما بالفعل لما يقرب من حجم نظامنا الشمسى ، وهذا تمدد ضخم بطاقة هائلة . ومع ذلك ، فإن أكبر المعجلات التى على الأرض تستطيع بواسطة ارتطامات تشمل بروتونات ومضادات بروتونات معدودة أن تضاهى فى تطابق مستوى حرارة الكون أو طاقته عندما كان عمره جزءاً واحداً من المليون من الثانية .

ويلاقى الفيزيائيون عند هذا الزمن إحدى أكثر النقاط دلالة . فها هنا يبدأ المنظرون لأول مرة فى رؤية توحد القوى الأربع التى تحكم التسلط على كوننا اليوم . وقبل هذا الزمن ، وحسب نظرية استنبطها جلاشو وستيفن وايبرج وعبد السلام ، فإن القوة الكهرومغنطية التى تتحكم فى اللبتونات هى والقوة الضعيفة التى تسبب التحلل الإشعاعى كانتا نفس القوة الواحدة .

ويقــول هوكنـج « إذا كانت هذه الحســابات صــحيحة ، فإنه لم يكن هناك إذن قبل $١٠^{-١٠}$ إلا ثلاثة قوى فى الكون ، هـى القوة الموحـدة الكهرومغنطية والضـــعيفة ، ثم القــوة النووية القوية والجاذبية . وفى هذا بدء للفرض بأنه ثمة أصــل مشترك لكل شئ نراه الآن فى الكون » .

والنظرية الموحدة لواينبرج وجلاشو وعبد السلام يمكن اختبارها في أعظم المعجلات كبرا على الأرض . وفى ١٩٨٢ ، و١٩٨٣ قام فريق يرأسه كارل روبيا باستخدام الجهاز الكبير لارتطام البروتون - مضاد البروتون وذلك في المركز الأوروبى للبحوث النووية قرب جنيف فى سويسرا ، بما أدى لانتاج جسيمات دبليو (W) وزد(Z) وهى جسيمات لها فعليا نفس المواصفات الدقيقة التى تنبأت بها النظرية الموحدة .

وقد زرت المركز الأوروبى للبحوث النووية وقت أن كان فريق روبيا قد توصل إلى أول جسيمات دبليو . وكان مستوى الطاقة التى ينتجها المعجل - الذى مازال أقوى معجل على الأرض - يزيد عن ٢٠٠ بليون من الالكترون فولت ، بما يساوى درجة حرارة ١٠٠٠ ترليون درجة $(١٠)^{١٥}$. وهذه تقريبا نفس حرارة الكون عندما كان عمره $١٠^{-١٢}$ ثانية .

كان الانفعال ظاهرا وينتقل بالعدوى فى غرفة التحكم بالمركز الأوروبى للبحوث النووية وذلك عندما أخذت الاشارات تظهر على شاشات الكمبيوتر لتدل على وجود جسيمات ثقيلة . وقال لى روبيا «ظللنا نتبع أثر تلك الوحوش طيلة سنين . وها قد بدأت تلوح داخل الفخ الذى أحكمنا وضعه . وإذا كانت ما نظن أنها تكونه ، فإن فى هذا علامة طريق للفيزياء التجريبية » .

إذ يواصل المنظرون رحلتهم وارءً فإنهم يفعلون ذلك على

مسئوليتهم وحدهم ابتداء من هذه النقطة وما يليها . ورغم أن هناك معجلات أكبر تشيد ، إلا أن لم يتم حتى الآن بناء أى شىء على الأرض يقترب مما يضاهى درجات حرارة الكون المبكر جدا ، وهكذا لا يعود بعد فى إمكان التجارب أن تتحقق من تخمينات المنظرين .

وعند $١٠^{-٢٠}$ من الثانية نصل إلى النقطة التى يظن هوكنج أن الثقوب السوداء الصغيرة ربما تكون قد تشكلت وقتها . وفى هذه الثقوب المصغرة التى يعتقد هوكنج أنها تنتشر فى الكون كله ، يجب أن يبدأ الفيزيائيون ، لأول مرة ، التطلع إلى تأثيرات الكم بحدود من الجاذبية .

ويقول هوكنج «لا يمكن وجود الكثير جدا من هذه الثقوب ، وإلا لكنا رصدنا الكثير من أشعة جاما – ونحن لا نرصد ذلك . ولا يمكن فى مجرتنا أن يقترب أحد الثقوب من الآخر بأكثر من مسافة بعد الأرض عن بلوتو . وفوق ذلك فإن تأثير جاذبية المجرة يعنى أن كثافة الثقوب السوداء الصغيرة تكون أكبر فى داخل المجرة عما فى خارجها » .

وعند عمر $١٠^{-٣٢}$ من الثانية يكون حجم الكون ما يقرب فحسب من من حجم كـــرة لعب لينة . وتكون حرارته $١٠^{٢٧}$ بمقيـــاس كلفن (*) .

* درجة الحرارة فى تدريج كلفن ، أى المقياس الديناميكى الحرارى ، وتساوى $\frac{١}{٢٧٣,١٦}$ من النقطة الثلاثية للماء على المقياس نفسه . (المترجم) .

وفيما قبل ذلك بلمحة عابرة عند عمر ١٠ $^{-٣٥}$ من الثانية – تكون آخر وقفة فى الطريق وراء يحس الفيزيائيون عندها بشيء من الثقة فى صحة أفكارهم عن تاريخ الكون المبكر جدا . وهذا الجزء من الثانية بعد المفردة هو أقل ترليون مرة عن الزمن الذى يستغرقه الضوء ليمر عبر أحد البروتونات .

والفيزيائيون الذين يؤمنون بالنظريات الموحدة الكبرى يعتقدون أنه عن ١٠ $^{-٣٥}$ من الثانية كانت القوة القوية متوحدة مع القوتين الأخريين تحت الذريتين – أى القوتين الكهرومغنطسية والضعيفة . وتحاول هذه النظريات الكبرى الموحدة أن توصف ما كان عليه الكون أثناء هذه اللخطة من التاريخ الكونى . وحجم الكون عندها هو فحسب ١٠ $^{-٢٤}$ من السنتيمتر ، وطاقته الخالصة تكون قد بدأت فحسب تتكثف إلى جزيئات دقيقة جدا مثل الكواركات واللبتونات . وتكون المادة هى ومضاد المادة موجودان بكميات متساوية تقريبا .

أما حائط زمن بلانك فيأتى عند ١٠ $^{-٤٣}$ من الثانية . وعند هذه النقطة تنهار إنهيارا أساسيا قدرة الفيزيائيين على توصيف المكان أو الزمان أو المادة . ويفترض أنه عندها فى التو تفصم الجاذبية ارتباطها بالقوة الوحيدة المتوحدة التى وجدت لحظة الانفجار الكبير ولكن أحدا لا يستطيع أن يقطع بذلك على وجه اليقين لأنه لم يوجد بعد تناول كمى للجاذبية .

وحتى يعبر الفيزيائيون حائط بلانك فإنه مما يساعدهم على ذلك أن يتوصلوا إلى ما إذا كانت النظرية الموحدة الكبرى هى حقيقة على الدرب الصحيح . وعلى أى حال ، فإنه لا توجد طريقة موثوق بها لاختبار هذه النظريات . فمستويات الطاقة عند هذا الوقت من التاريخ الكونى هى أعلى كثيرا مما يمكن قط الوصول إلى مطابقته . وهكذا فلعله ينبغى إنشاء تكنيكات تجريبية جديدة .

ويقول هوكنج «إذا كانت النظريات الموحدة الكبرى صحيحة ، فإنه لا يبقى خارجها سوى الجاذبية . على أنى لست مقتنعاً تماما بأن النظريات الموحدة الكبرى هى النموذج الصحيح .»

ثم يقول ، وكما تعرف ، فإن هناك بعض إشكالات خطيرة جدا فيما يتعلق بالنموذج القياسى للانفجار الكبير والنظريات الموحدة الكبرى المختلفة لا ترسم صورة متماسكة بالضرورة .»

فمن ناحية ، هناك الأشكال الدائم بشأن القطب المغناطيسى الأحادى ، وهو جسيم مراوغ تتنبأ معظم صنوف النظريات الموحدة الكبرى بأنه ينبغى أن ينفتل خارجا من الفضاء فى اللحظة التى تكون فى التو على الجانب القريب من حائط بلانك . كما أن النظريات التى تفسر خلق المادة وهيمنتها ينتج عنها أيضا هذه الأقطاب الأحادية . وهى أقطاب مغناطيسية حرة ، تشابه القطب الشمالى أو الجنوبى لمغناطيس وتوجد مستقلة بذاتها .

ويزعم بلاس كابريرا ، أحد الفيزيائيين بجامعة ستانفورد ، أنه قد وجد الدليل على أن هذه الأقطاب الأحادية – التى هى نوع من المادة جديد بالكلية – موجودة الآن بالفعل . على أن الحكم لم يصدر بعد على عمل كابريرا .

ومن المشاكل الآخرى مشكلة أن إشعاع الخلفية من موجات الميكروويف ، لهو أشعاع متسق بالغ الاتساق . ولو كان هذا الإشعاع قد تم بثه بالفعل عندما إنفصل عن المادة وقت أن كان عمر الكون يقرب من ١٠٠,٠٠٠ سنة ، فكيف يمكن تفسير هذا التجانس خلال أجزاء من الكون هى مختلفة تماما ؟ وعند هذه النقطة من تاريخ الكون تكون أجزاء السماء مفترقة بالفعل بمسافات تبلغ ملايين من السنوات الضوئية فى الفضاء . ولا يكون هناك أى إمكان لتبادل الطاقة عبر مسافة كهذه . وإذن فما هو السبب فيما يتم إكتشافه فى كل مكان من وجود نفس درجة الحرارة الخلفية ؟

ثم مازالت هناك مشكلة الحائط الموجود عند $١٠^{-٤٣}$. وليس من أمل مباشر لعبور هذه العقبة الأخيرة ، حيث يمكن أن يوجد على الجانب البعيد من الجدار كون غاية فى البساطة بحيث يفسر نفسه بنفسه .

ويقول هوكنج « عند تلك النقطة يكون مجال الجاذبية قد أصبح

من القوة بحيث أن تأثيرات الكم – بحكم التعريف – يجب عندها أن تؤخذ فى الحسبان . وإذا كنا نريد أن نفهم كيف بدأ الكون ، يجب أن نفهم كيف يمكن ضم الجاذبية وميكانيكا الكم . »

إن زمن بلانك يمثل انهيارا فى قدرتنا على توصيف المكان والزمان بالنظرية النسبية الكلاسيكية . وسبب هذا أننا لا نعرف طريقة لتكمية الجاذبية . »

وقد تمكن المنظّرون ، بمعنى ما ، من الاقتراب من حائط بلانك ، ولكنهم لم يتمكنوا من عبوره ، ذلك أنهم قد استطاعوا أن يتلاعبوا بمعادلاتهم بطريقة أو أخرى لتحملهم وراءً عبرنقاط الزمن الحرجة فى نشأة الكون . وقد حدث هذا عند $١٠^{-٤٠}$ من الثانية ، عندما تقرر أنه لا بأس من التجاوز عن التفاعلات ما بين الحشد الكثيف من البروتونات والنيوترونات .

أما حائط بلانك فهو الانذار النهائى للكون : فلن يُسمح بعد بأى تحايل فى المعادلات ، ولا بالقفز من فوق نقاط هى بالغة التعقيد أو الغموض بحيث لا تُفهم .

فها هنا ، لو أردنا معرفة كيف بدأ الكون ، فإنه ينبغى لذلك أن يتم ضم كل حساباتنا وكل تفكيرنا معا فى أوضح مقولات تاريخ البشرية عن الكون . ومع ذلك فقد لا نصل قط إلى معرفة ذلك – معرفة مضبوطة .

فقاعة أم انفجار

ظل الانفجار الكبير هو منهج العمل فى نموذج خلق الكون طيلة جيل من الفيزيائيين . على أنك لو زرت اليوم مؤتمرًا لعلم الكونيات فإنك لن تسمع شيئًا سوى الحديث عن االفقاقيع والكون الذى ينتفخ . والمنظرون لم يكونوا قط راضين تمامًا عن بعض العوامل الملفقة فى سيناريو الانفجار الكبير بما فيه من تفجر عارم تولد فيه المادة والقوى لتنطلق في كل الاتجاهات فتشكل كونًا مازال يتمدد حتى اليوم . والمفردة التى عند البداية تثير ضيق البعض ، وبالنسبة للغالبية فإن الانفجار الكبير لا يفسر تفسيرًا وافيًا اتساق اشعاع الخلفية . وهم يعتقدون أن الأمر وكأن قنبلة قد انفجرت لتقذف بالشظايا خارجها فى كرة متقنة . والانفجار الكبير أيضًا يطرح فرضًا عن طبيعة المكان فى الكون ، يُفترض فيه مسبقًا وببساطة أنه يشبه سطح نضد مسطح وليس سطح كرة وذلك ليفسر تسطح الكون نفسه .

ويوضح هوكنج أن « فكرة أن الكون بدأ كفقاعة تقدم حلاً بسيطًا للكثير من هذه المشاكل » . ونظرية الفقاعة التى نشأت فى

١٩٨١ ، تزيل معظم أوجه الخطأ فى الانفجار الكبير ، وإذ تفعل ذلك فإنها بالطبع تخلق مشاكل أخرى . والفكرة الأساسية هى أن ما ينشأ ليس كونًا واحدًا ،إنما عدة أكوان تنشأ عن فقاعات تنتفخ فى الخواء بمثل انتفاخ البالونات . وفى أول البداية نفسها كان ثمة مزيج غير متسق من نقاط مفعمة بالطاقة ، وكل منها حرارته أسخن من ترليون كوادرليون درجة . وتتمدد هذه النقط بسبب حرارتها تمددًا سريعًا جدًا حتى أنها سرعان ما تفقد سخونتها . وبعدها فأنها تبرد « برودة فائقة Super Cooled » .

ويحدث هذا فى زمن ما بعد حاجز بلانك الموجود عند $١٠^{-٤٣}$ من الثانية ، عندما تكون الجاذبية قد انفصلت بالفعل متحررة من قوى الكم الثلاث . والمناطق التى تبرد تبريدًا فائقًا يكون لها خاصية خاصة يسميها سيدنى كولمان فيزيائى جامعة هارفارد « الفراغ الزائف False Vacuum » ، وهى تسمح لها أن تشد الطاقة من مجال الجاذبية المحيط بها . وعندما يقرب من $١٠^{-٣٥}$ من الثانية بعد بدء العملية ، فإن المناطق المبردة تبريدًا فائقًا تنال دفعة هائلة من الطاقة ، لعلها تماثل رجة من جاذبية سالبة ، فتنفجر فى فقاعات مصير كل منها أن تصبح كونًا قائمًا بذاته .

و « الفراغ الزائف » هو المفتاح لهذا المفهوم ، وهو يشبه بماء قد برد تبريدًا فائقًا لما تحت درجة التجمد بكثير . ويمكن للماء أن

يوجد فى هذه الحالة كسائل لمدة لحظة لا غير قبل أن يتم تبلوره سريعًا فى ثلج . ونفس الشىء يصدق على المناطق فائقة التبريد . فهى توجد للحظة فى حالة من عدم التحول ،ولا تلبث الفقاقيع التى تخلقت من دفعة الفراغ الزائف ، فى أن تأخذ فى الابتراد ثانية ، وإذ تفعل فإن القوتين الكهرومغنطية والضعيفة المنضمتين معًا لا تلبث أن تنشق إحداهما عن الأخرى ، وتتخذ كل منهما هويتها المستقلة . وتبدأ الطاقة التى فى داخل إحدى الفقاعات – فقاعة كوننا – فى التكثف الى جسيمات مثل اللبتونات والكواركات . وفى نهاية هذه الفترة الانتفاخية – عند $١٠^{-٣٢}$ من الثانية ما بعد أول البداية – يكون كوننا ، الذى يحوى الآن مادة كل النجوم والمجرات والكواكب والناس الذين يسكنونه ، له حجم يبلغ ما يقرب من حجم ثمرة الليمون الهندى . وعند هذه النقطة تصبح القيادة فى يد السيناريو العادى للانفجار الكبير .

والفيزيائيون الآن يهتمون جداً بسيناريو الفقاعة . فمن ناحية ، فإنه أثناء فترة انتفاخ الكون ، تنشأ الفقاقيع بأبطأ مما فى تصميم الانفجار الكبير . وهذا يسمح للمادة التى تنشأ فى الداخل بوقت يكفى لمزجها مزجًا متسقًا ، وأن تصل الى نفس درجة الحرارة ، وهكذا تُنتج اشعاعًا متسقًا فى الكون كله .

ونظرية الفقاعة تفسر أيضًا تسطح كوننا وذلك بالاعتماد على قانون طبيعى بدلاً من الاعتماد على فرض تعسفى . فعندما تنمو إحدى الفقاعات الى حجم الكون الحالى ، فإنها تتسطح بمثل ما يبدو سطح كرة كبيرة كالأرض مسطحًا .

ما هى المشاكل التى مازال ينبغى حلها فى سيناريو الفقاعة ؟ إن الفيزيائيين الفلكيين ليسوا واثقين تمامًا من الطريقة التى تكثفت بها المجرات والنجوم من تجمعات المادة فى داخل الفقاعة التى أصبحت كوننا . وبعض الفيزيائيين تزعجهم فكرة أن كثرة من الأكوان تُخلق فى نفس اللحظة .

هل هذا أمر سوف نعرفه قط معرفة أكيدة ؟ إن الفيزيائيين يختلفون بشأن هذه النقطة . والحس المشترك يشير الى أن الأكوان المنفصلة مثلها مثل الفقاقيع التى فى رغيف خبز يعلو متخمرًا ، لن تلتقى أبدًا ، ولكن بعض الخوارج من الفيزيائيين يعتقدون فى حماس مميز ، أن التمدد إذ يتباطأ حتى يتوقف ، فإن بعض الأكوان الفردية سيمكنها أن تتلاقى معًا فى النهاية .

ويشرح هوكنج الأمر فيقول « إن الانتفاخ يفسر حقيقة أن تمدد الكون يكون مضبوطا ضبطا دقيقا خلال هذه الفترة ، ومن احدى النواحى فإن هذا يسمح للكون بأن يتمدد بمثل ما فعل دون أن

يتقلص على نفسه ثانية ليصبح ثقبا أسود . ومن الناحية الأخرى ، فإنه يصبح من الممكن أيضا أن المادة قد تم بسطها بسمك هو أرق من أن يسمح بتكوين المجرات » .

وتساءلت عن مشكلة الكون عند المفردة ، أو « بداية الزمان » بلغة هوكنج . هل يساعد مفهوم الفقاعة على التخلص من المفردة هذه التى تزعج الكثير من المنظرين الفيزيائيين ؟

وقال هوكنج « حسن ، من المؤكد أنه قد يصبح فى إمكانك إنشاء نموذج كونى بدون مفردة ، عندما تستخدم الفقاعة . ولكنى لا أعتقد حقا أن ذلك سيكون فيه ما يساعد بشأن المفردة الموجودة عند التقلص بالجاذبية . كما أن هذا لا يتخلص بعد من المفردة التى فى الثقوب السوداء .

« وباختصار فإنى لا أعتقد أن مفهوم الفقاعة سيتخلص من مفردة البداية . على أن هذا أمر ممكن » ، قال ذلك وقد بدا غير واثق بخلاف ما تتميز به شخصيته .

وقد عمل فيزيائيون كثيرون على الكون الفقاعة . ويطرح أحدهم ، وهو ج . ريتشارد چوت الفيزيائى الفلكى الشاب فى برستون ، أن كوننا لا يعدو أن يكون واحدا مما قد يكون عددا لا نهائيا من أكوان خلقت كالفقاعات فى سائل ساخن له كثافة هائلة وإن كانت محددة . وتدل حساباته على أن كل كون من أكوانه

هذه يكون هو نفسه « مفتوحا » أو لا نهائيا فيما يعنى تمدده ، وأنه سيظل يكبر للأبد .

وتتشكل هذه الفقاعات خارجة من نوع من الفضاء سُمى على إسم ويليام دى سيتر ، الذى درسه لأول مرة فى ١٩١٧ . وهو حل خاص لمعادلات المجال فى النسبية العامة لإينشتين والتى توصّف كونا مقوسا لامتناه يتمدد . وقد أضاف دى سيتر إلى حله ثابتا كونيا يماثل قوة كلية طاردة ، هى نوع من جاذبية سلبية . وتمدد الكون بالشروط التى يعرفها دى سيتر يحدث فيه أن أى نقطة منفردة تنزع إلى أن تتحرك بعيدا عن النقطة الأخرى بمعدل سرعة تتزايد بثبات .

أما فى نسخة جوت من الكون الفقاعة ، فإن الفقاعة الأصلية تتكوّن بسلاسة خارجة مما يحيط بها من فضاء دى سيتر . وفى هذه العمليـة يتم التخلص من المفـردة التى عند البداية . وحسب جوت ، فإن ذلك الاتســاق الموجـود فى الكون على نطـاق واســع لا يمكن أن يتأتى إلا إذا كان كل جزء من الكون فى الفترة المبكرة من التمدد على علاقة مباشرة أو سببية بكل جزء آخر ، حتى ولو كان ذلك للحظة واحدة فحسب .

والانفجار الكبير القياسى فى علم الكون ، نجد فيه أن أجزاءً من الكون المبكر جدا هى غير متصلة سببيا لأنها منفصلة بمسافات

أبعد من أن تسمح للضوء بأن ينتقل فيما بينها عندما بدأ الانفجار الهائل . وهذا أمر سبب الإزعاج دائما لعلماء الكونيات . أما فى نموذج جوت ، فكما فى كونيات الكون المنتفخ ، تكون هناك فترة وجيزة من كثافة ثابتة تسمح بوقت كاف تكون فيه كل أجزاء الكون على علاقة سببية أحدها بالآخر ، وهكذا فإن ذلك يؤدى إلى تسوية أى نقط خشنة وخلق كون متجانس .

على أن أحد الأوجه الغريبة فى كونيات جوت هى تطبيقها لإشعاع هوكنج على الكون المبكر . فجوت عندما نظر فى التفاعل ما بين الجاذبية وميكانيكا الكم ، قرر أن آفاق الأحداث المحيطة بالثقوب السوداء تولّد باستمرار إشعاعا حراريا . وتوصل إلى فكرة أن إشعاع هوكنج يفسر إشعاع الخلفية الذى يتوزع فى تساو فى الكون كله .

وقد سبق لهوكنج هو وآخرون أن بينوا أن إشعاع الثقب الأسود عند أفق الحدث هو فحسب حالة خاصة من تنظير عميق : فحيثما يوجد أفق حدث ، يتم بث إشعاع حرارى . ويعنى هذا أنه عند حد أى منطقة لا يمكن للضوء أن يفر منها – كحرف ثقب أسود أو تخم أحد الأكوان – سيكون هناك بث لنوع ما من الإشعاع الحرارى .

ويزعم جوت أن إحدى الخواص ذات الدلالة لفضاء دى سيتر هو أنه ممتلىء بآفاق الأحداث وبإشعاع هوكنج . وهذا التمدد الذى

يتزايد أبداً – والذى فى الحقيقة يتزايد تزايداً آسّيا – هو الذى يخلق كل آفاق الحدث هذه . وعندما تنشأ نقطتان وهما مفترقتان على بعد كبير بما يكفى وتتباعدان بسرعة أكبر من أن تسمح لشعاع ضوء من إحداها بأن يصل الى الأخرى ، فإنه سيحدث فيما بينهما أفق حدث .

وكان هوكنج هو وجارى جيبونز تلميذه وزميل مكتبه السابق ، قد أجريا من قبل الحسابات عن إشعاع هوكنج المصاحب لآفاق الحدث هذه بالذات ، إلا أن جوت خطا بالأمر خطوة أبعد .

فجوت يستخدم نتيجة هوكنج وجيبونز التى توصّف رياضياً كثافة الاشعاع بلغة من تمدد الكون المبكر ، وذلك ليضيف هو عاملاً إضافياً ليجعل كثافة الطاقة هذه متماسكة ومتجانسة ، وهذا الثابت هو بطريقة أو أخرى ، يماثل بلغة الرياضة ملء فضاء دى سيتر بسائل من كثافة متسقة . على أن سائل جوت هذا له ضغط سلبى ، وهو ما يصفه مبتدعه بأنه مص كونى .

ويزعم جوت أن الحسابات الحديثة فى نظرية مجال الكم ينجم عنها نتائج تبين أن اشعاع هوكنج سيسلك بالضبط بهذه الطريقة الغريبة فى ظروف معينة ، وعلى وجه الخصوص فى تلك الظروف الموجودة أثناء الطور المبكر من تمدد فضاء دى سيتر .

وحسابات جوت لها نتيجة شيقة ، فآفاق الحدث تولّد إشعاع هوكنج ، والإشعاع يصبح هو السائل الذى يسبب تمدد الكون الفقاعة . وثابت جوت – أو سائل إشعاع هوكنج – هو ما يسبب التمدد الأُسْى لفضاء دى سيتر ، والتمدد يولد آفاق الحدث .

وهذه الأطروحة الدائرية لا تصلح إلا إذا كان إشعاع هوكنج ساخنًا سخونة هائلة – بما يزيد عن 10^{31} درجة بمقياس سلسويس – وكثيفًا بما لا يصدق ، بما يصل الى رقم لا يمكن فهمه وهو 10^{93} جرام من المادة لكل سنتيمتر مكعب . وجوت أيضًا واثق الى حد كبير من أن هذه الدرجات المتطرفة من الحرارة والكثافة هى بالضبط ما يقترب من الظروف المناسبة حيث تبدأ الجاذبية فى السلوك بما يُظن أنه يماثل مجال كم – أى النقطة التى تُكمّى عندها الجاذبية .

وجوت يضمن فترة انتفاخية فى نظريته للفقاعة ، وفى هذا الطور الانتقالى ، تتغير المادة تغيرًا حاذقًا . فيطرح جوت مثلاً أن ما كان فى السابق كواركات بلا كتلة قد يكتسب الكتلة فجأة . وأثناء هذه الفترة يدخل إشعاع هوكنج الى الفقاعة من فضاء دى سيتر المتمدد وفى ومضة زمانية – هى 10^{-42} من الثانية – يتحول الى مادة عادية ، وهذا التحول شبه الفورى من الإشعاع الى المادة هو

ما يؤمن جوت أن الفيزيائيين الفلكيين اليوم يتطلعون وراءً اليه ويسمونه الانفجار الكبير .

واشعاع هوكنج الذى تولده آفاق الحدث الجديد هو هكذا مسئول عن كل المادة والطاقة التى فى الكون الآن . ولما كان إشعاع هوكنج هو طبيعيًا متسق فى فضاء دى سيتر فإن هذا هو السبب فى أن موجات ميكروويف الخلفية هى والكون نفسه جد متجانسان معًا .

والجزء الخطر فى نموذج جوت هو أنه يحاول أن يخبرنا بما حدث على الجانب الآخر من زمان بلانك – عند 10^{-44} من الثانية أو ما هو أكثر تبكيرا . وهو يطرح أنه أثناء هذه الفترة يمكن أن تتكون أيضا أكوان أخرى ، عدد لا نهائى من الأكوان ، بالضبط مثلما ترغى الفقاقيع من فوق الجعة .

على أننا لسوء الحظ لن نتمكن قط من رصد أى من هذه الأكوان الأخري . فكل منها منفصل عن الآخر بأفق حدث ، أى حاجز الضوء الذى يمنع انتقال المعلومات كلها من كون للآخر .

والجوهر لأى نظرية علمية هى أنها يجب أن تكون قابلة للإثبات . وما يلازم ذلك طبعا هو أنها أيضا قابلة للتفنيد . وإذن فما الذى يطرحه جوت كطريقة لإثبات أو تفنيد نظريته عن الفقاقيع التى تنبثق فى رغوة وعن الأكوان اللانهائية فى عددها ؟

والأمر من ناحية يتطلب مزيداً من البحث ليتحدد بدقة أكثر مسلك الفقاعات فى فضاء دى سيتر . وسيضفى هذا على نموذج جوت إطاراً نظرياً أفضل . ومن الناحية الواقعية فإن جوت ينادى بأنه يجب الوصول الى مشاهدات فلكية أكمل وأفضل فيما يتعلق بمسلك الكون وخصائصه على النطاق الكبير

ويعتقد معظم الفيزيائيين الفلكيين أن المجرات وتجمعات الأجرام لا يمكن قط أن تكون قد تكونت فى كون متسق اتساقًا كليًا . ولكن نظرية جوت تنادى بوجود كون من هذا النوع بالضبط فى اللحظة التى تعقب مولده . على أنه فى وقت ما من تاريخ الكون يجب أن تنشأ أوجه من عدم التناغم والتراوحات العشوائية . ويعتقد جوت أنه بإلقاء نظرة أفضل وأعمق فى السماء فإن ذلك سيفسر هذا الشذوذ .

وسألت هوكنج عن نظرية جوت . ما الذى يراه فى استخدام اشعاعه لتفسير كل المادة والطاقة التى فى الكون ؟ وقال هوكنج : « فى فضاء دى سيتر يكون لديك إشعاع حرارى ، وهذا مهم للفقاعات ، ولكن جوت لم يأخذ هذا بالضبط فى حسبانه ». وأضاف هوكنج بسرعة فى دفاع عن عمله هو نفسه : « لقد اكتشف جارى جيبونز وإياى لأول مرة أن هناك إشعاعا حراريا فى فضاء دى سيتر . وسبب حدوثه هو أن هناك آفاق حدث ، تماما كما فى الثقوب السوداء . وهكذا فإنه مماثل جدا لإشعاع هوكنج » .

وإذن ، فماذا يرى هوكنج فى معادلات جوت لتطبيق إشعاع هوكنج على الكون المبكر ؟ وقال هوكنج بابتسامته المنمطة المراوغة « حسن ، أعتقد أن جوت قد حظى بقدر من الانتشار لا يستحقه . هناك عدة أناس آخرين قد طرحوا أفكارا مماثلة ، وبعضهم قد طرحوها قبله بزمن طويل . وهناك أيضا أفراد آخرون قد قدموا بتفصيل أكبر الآليات التى تنتج الفقاقيع عنها » .

ثم قال « إن أحد هؤلاء هو ألان جوث من معهد التكنولوجيا بماساتشوتس ، والثانى هو ستارو بنسكيى فى موسكو . والحقيقة أن ستاروبنسكيى هو فى الواقع أول من خرج بمفهوم الأكوان الفقاعة » .

وقد انضم هوكنج إلى النزاع على الفقاعة – الانفجار فى أواخر ١٩٨١ عندما سافر إلى روسيا مشدودا بما كان يعده عملا تنظيريا ممتازا للعديد من المنظرين الروس ، فذهب إلى هناك ليستكشف ما كانوا يدرسونه عن الكون المنتفخ . وهناك زار أ . د . لند ، هو وآخرين فى معهد لبديف للفيزياء فى موسكو .

ويقول هوكنج « كانت بعض النسخ الروسية عن مفهوم الكون الفقاعة هى حقا جذابة جدا . والفكرة الأساسية التى أثارت اهتمامى كانت بسيطة نوعا » .

« والأمر هو أنك عندما تكوّن فقاعات ، فإنك تكون عرضة لأن تخرج بأكثر من فقاعة واحدة . وهذه الفقاعات تكون عرضة لأن تتصادم . وهذا ينشأ عنه كون غير متجانس . وهذا لا يتفق وما نلاحظه الآن » .

وقد طرح لند فى ورقة بحث أنه يرى أن من الممكن لفقاعة واحدة أن تتشكل دون أن يتشكل معها فقاعة مجاورة . وكانت هذه الفكرة هى الشئ الرئيسى الذى أراد هوكنج تقصيه . وأنفق ساعات وهو يناقشها مع لند فى موسكو . ويقول هوكنج « سافرت وأنا أعتقد أن نسخة لند هى أحسن ما عند الروس ، ولكنى ما لبثت أن تبينت أن ثمة خطأ فى عمله » .

وعندما عاد هوكنج إلى كمبردج ، كان أول ما فعله أن جلس مع زميله أيان موس وصاغ ورقة بحث تهدف إلى تصحيح الأخطاء التى فى النظريات الروسية .

ويقـول هوكنج « إن مشكلة سيناريو جوث هو أنه يؤدى الى كون لا متجانس جدا تهيمن عليه فقاعات ضخمة قليلة تنبثق من الطور الانتفاخى . وقد بينا فى ورقة بحثنا أنه فى ظروف معينة يمكنك أن يكون لديك فترة انتفاخية تحدث فى تواكب عند كل نقاط الفضاء فى الكون المبكر جدا . وهكذا فإنها لا تخلق أيا من اللاتجانس » .

وكان هوكنج هو الذى فكر فى هذا التناول ، وموس هو الذى قام بالحسابات ، وتوصلا إلى هذا الحل بعملية مباشرة نسبيا . ويقول هوكنج « إن أوراق البحث الأخرى عالجت الخروج من الطور الانتفاخي كمشكلة فى مكان - زمان مسطح . وقد أهملت بذلك ما للكون من انحناء وأفق محدد » .

ويقول : « لقد بينا أن الفترة الانتفاخية لا تحدث فى مكان - زمان مسطح ، وإنما تحدث بدلاً من ذلك فى مكان - زمان منحن ، والنتيجة هى أنه يخرج من الفترة الانتفاخية كون بدون لاتجانس الأكوان الأخرى » . وورقة البحث هذه بما فيها من حل لمشكلة شائكة يكاد يكون حلاً بسيطًا ، قد أثارت اهتمامًا واسعًا بين علماء الكونيات .

وفى يونيو ١٩٨٢ استضاف هوكنج وجارى جيبونز مؤتمرًا فى كمبردج عن الكون المبكر جدًا - أى أول ثانية من حياة الكون . وأتى كثيرون من المبرزين فى هذا المجال : خمسة علماء كونيات من الاتحاد السوفييتى بما فيهم لند وستاروبنسكى ، ومعهم جوث وأربعة وعشرون آخرون من الولايات المتحدة وأوروبا . وكانت مشكلة واحدة هى التى شدت معظم الاهتمام .

كان ثمة خطأ قاتل فى كل السيناريوهات الانتفاخية . وهو أن الكون وإن كان متناسقًا على النطاق الكبير ، إلا أنه ليس متسقًا

تماماً على النطاق الأصغر ، فهو يحوى تكتلات من المادة فى شكل مجرات ونجوم وتجمعات من المجرات . وبكلمات أخرى ، فإن الأمر ببساطة هو أنه ليس من الواضح كيف يمكن لكون انتفاخى أن ينتج النجوم والمجرات التى نلاحظها فى كوننا الآن . ولحل هذه المشكلة توزع الفيزيائيون فى مجموعات منفصلة بورشة الأسابيع الثلاثة – ورأس هـذه المجمـوعات ، مع آخـرين ، هوكنج وجـوث وستاروبنسكى .

ولاختبار وسبر ما بدأوا يسمونه « الكون الانتفاخى الجديد » أخذ المنظرون والمجتمعون يتجمعون فى جماعات صغيرة حول السبورات وشاشات الكمبيوتر وظنوا لفترة أنهم قد توصلوا الى حل لمشكلة تكوين المجرات . وبينت حساباتهم أن سيناريو الانتفاخ ينتج عنه حقًّا العدد الصحيح من تكتلات المادة التى تتوزع توزيعاً صحيحاً خلال الكون كله .

ولكن عندما تم تتبع سيناريو الانتفاخ حتى ختامه الرياضى ، وجد أن تكتلات المادة هذه تتكوّن قبل الأوان وتتقلص بما يكاد يحدث فى التو ، الى ثقوب سوداء ، مخلّفة كوناً أسود بالكامل . وهكذا فان أبسط نموذج للكون الانتفاخى الجديد ، الذى ساعد على خلقه هوكنج هو وآخرون ، هو نموذج يجب أن تعلن وفاته رسمياً – حتى وإن لم يتجاوز عمره ستة شهور .

ويقول هوكنج : « حسن ، لقد بين المؤتمر على الأقل الاتجاه الذى يجب أن نتخذه ، وهكذا فإنه لم يكن فاشلاً . وقد بين لنا أيضا أنه مازال أمامنا عمل كثير » .

ومع هذا ، فإن الكون الانتفاخى هو الكون الذى يحبه أكثر الحب علماء الكونيات . ويقول هوكنج : « إنه يبدو كالتناول الصائب . وهو يحل من المشاكل أكثر مما يخلقه . وإحدى نتائج الانتفاخ التى يغرم المنظرون بها بالذات هو أن دفقة انتفاخية مبكرة تؤدى الى تسوية كل المادة فى الكون المبكر الى كثافة تسمح للكون بأن يتمدد بزمن طوله يماثل طول الزمن الذى تمدد به كوننا .

والكون المبكر الذى ينمو نمواً سريعاً يمكن أن يصبح محشوداً بالمادة حشداً كثيفاً بحيث أنه يمكنه ببساطة أن يتقلص على نفسه ثانية كثقب أسود . أو أن المادة ربما تكون قد بُسِطت بسطاً رقيقاً جدا بما لا يسمح بتجميعها فى مجرات ، وإنما هى فحسب تُجرف بعيداً فى الفضاء . وينبغى أن يكون هذا قد حدث فى أول ١٠-٣٢ من الثانية فى الفترة الانتفاخية .

ورغم أن كوننا مازال يافعاً ، فإن المنظرين قد أنفقوا وقتاً طويلاً فى استكشاف مصيره النهائى . هل نعيش فى كون مفتوح ؟ هل يظل تمدده الحالى مستمراً للأبد ، بحيث تصبح كل المادة فى

النهاية جد منتشرة بما يجعل النجوم والمجرات تنطفىء ببساطة الواحد تلو الآخر ؟ أم هل نعيش فى كون مقفول ؟ هل يبدأ الكون ذات يوم فى الارتداد على نفسه ، عاكساً الانفجار الكبير فى تقلص عارمٍ يسميه الفيزيائيون الكونيون الانسحاق الكبير ؟ إن مصير الكون مازال يمتد بعيداً لبلايين كثيرة من الأعوام ، ولكنى مع ذلك سألت هوكنج عن رأيه .

وقال : « حقيقة ، لا أزعم أنى أعرف مصير الكون . ولا يوجد شخص آخر يزعم ذلك . وأعتقد أن أحسن تخمين هو أن الكون موجود بالضبط على الحافة ما بين التقلص والتمدد . ولكن هذا مجرد تخمين » .

« هناك نموذج كونى بالذات يتنبأ بكون يتمدد بطاقة كافية بالضبط لتجنب تقلصه . وإذا كان على أن أختار أحد النماذج ، فأعتقد أنى سأختار ذلك النموذج - ذلك الذى يكون الكون فيه على شفا التقلص » .

ولكن ألا تطرح فكرة الأكوان الفقاقيع التى توجد جنباً الى جنب أن الكون مفتوح ، وأنه سيظل يواصل التمدد الى الأبد ، حتى يصبح مظلماً بارداً بما لا نهاية له ؟

وأجاب هوكنج : « إن فكرة الأكوان العديدة الموجودة جنباً الى جنب لا تأثير لها فى فكرة الكون المفتوح ، إنها لا يمكن حقاً أن

تُعد مشكلة كلاسيكية . سيكون عليك أن تأخذ ميكانيكيًا الكم فى الحسبان – بكل ما فيها من احتمالات » .

« وعندما نقول أنه يمكن أن يوجد عدد من الأكوان جنبًا الى جنب ، أعتقد أنك تخطو هكذا فوق أرض خطرة – أرض ميتافيزيقية . أظنني سأستشهد هنا بوتجنشتين . لقد أمضى نصف حياته في كمبردج . وقد قال – أو على الأقل هذه ما أظن أنه قاله – أن وجود أكوان أخرى ليس محمولاً(*) لموضوع . وما يعنيه هو أن القول بوجود أكوان أخرى ليس فيه أى معنى بالغ إلا إذا كان هناك لذلك نتيجة ما يمكننا رصدها .

« والحقيقة أنه لو أمكننا تطبيق ميكانيكا الكم على الكون ، فإن المرء سيتوصل طبيعيًا الى صورة يكون للكون فيها تفرعات مختلفة من كل الصنوف » .

وهل تكون هذه مناطق فيزيقية واقعية يمكن رصدها ؟

ويجيب هكونج : « لا ، لن تكون هذه تفرعات فيزيقية . إنها تعني فحسب أن هناك احتمال بما ليس صفرًا لأن يكون للكون أشكال كثيرة مختلفة . تمامًا مثلما يوجد احتمال بأن يكون الكون مفتوحًا وإحتمالا بأن يكون مقفولاً » .

(*) : Predicate محمول لموضوع أى يقبل الحكم بالاثبات أو النفى (المترجم) .

ثم قال مستمتعًا بما يتأمله : « لعل الأمر أننا فحسب موجودون فى فرع بعينه من الكون هو بالضبط على الحرف بين أن يكون مفتوحًا أو مغلقًا . وأكثر شيء رائع فى الكون أنه قريب جدًا من الحرف بين ما هو مفتوح وما هو مغلق . والاحتمالات ضد أن يكون الكون على حرف كهذا هى احتمالات هائلة . إلا أن الأمر جد متقارب بما يجعلنا غير قادرين على تقرير أى جانب هو عليه » .

هل سنستطيع قط أن نعرف إذا كان مفتوحًا أو مقفولاً ؟ أو أن هذا سيتحول الى سؤال آخر يحسن تركه للميتافيزيقا ؟

وقال : « سرعان ما سيكون لدينا المعدات اللازمة . ومرصد الفضاء ينبغى أن يتيح لنا أن نحدد على نحو أكيد على أى جانب من الحرف يكون الكون . وسوف نستطيع أن ننظر الى الفضاء نظرة أعمق كثيرًا ونحصل على وصف أدق للمادة فى الكون .

« على أننا ربما نظل غير قادرين على البت . فالأمر جد متقارب . ولو كان الكون يقبع على الحرف فى توازن كامل ، فإننا لن نعرف قط . ولكن حسب كل ما تدل عليه مشاهداتنا الحالية ، فإنه عندما يصبح مرصد الفضاء فى حالة عمل ، سوف نتمكن بالفعل من تحديد ما إذا كان الكون مفتوحًا أو مقفولاً » .

« وعندها ماذا سنعرف ؟ » .

« مصير ذرات أجسادنا » .

كنت واقفًا على منحدرات جبل مونت بلانك فوق قرية للتزحلق في جبال الألب الفرنسية تدعى شامونكس . كانت السماء زرقاء صافية ، والجبال مكسوة بباكورة ثلج الخريف ، وأوراق الشجر قد بدأت في التو تُظهر ألوانها . وخرجت سيارة فيات ، شاحنة صغيرة ، من النفق الذي شُق من خلال مونت بلانك ليربط إيطاليا وفرنسا . وصعدت فيها أنا وروجر أنطوان إحد الموظفين في معمل المعجل بمركز البحوث النووى الأوروبى الذى يقع على بعد ستين ميلاً للغرب من جنيف فى سويسرا . ولفت الشاحنة فى دورة لتتجه ثانية داخل الجبل .

وفى وسط الطريق خلال النفق الذى يمتد لسبعة أميال ، كان الهواء قد فسد بفعل دخان السيارات ورائحة الديزل . وعند هذه النقطة كان هناك جهاز كبير أقيم فى كهف منقور فى الصخر على جانب الطريق الرئيسى مباشرة ، وذلك لاختبار شىء واحد لا غير : هل البروتون ، وهو أكثر مواطنى الكون رسوخًا وثباتًا ، هل يبقى للأبد ؟ أم أن البروتونات تتحلل مثل معظم الجسيمات الأخرى ؟ ومنذ عشرين سنة كانت فكرة تحلل البروتون تعد هرطقة علمية . واليوم فإن العلماء يأخذون هذه الفكرة مأخذًا جديًا .

والسبب فى ذلك هو أن إحـدى النتـائج للنظريات الموحدة الكبرى ، هى أن البروتونات التى كان يُظن فيما سبق أنها ثابتة ، تتحلل فى النهاية الى جسيمات أخرى . والسبب حسب النظرية هو أن القوة القوية التى تحتفظ بتماسك البروتون هى والقوة الضعيفة التى تسبب التحلل الاشعاعى ، هما فى النهاية ناجمان عن نفس التفاعل الأساسى – تفاعل يظهر للحظة واحدة فحسب أثناء أول $١٠^{-٣٢}$ من الثانية فى حياة الكون . وهكذا فإن البروتون نفسه ، مثله فى ذلك مثل الذرة المشعة ، يمكن أن يكون مصيره المحتوم هو أن يتحلل – فى النهاية .

وتتنبأ النظريات بأن البروتون سوف يستغرق فى المتوسط زمنًا طولاً بالغًا حتى يتحلل – بما هو على الأقل $١٠^{-٣٠}$ سنة أو أكثر . ومع هذا فقد كان من المهام السهلة بما يدهش أن ابتكر الباحثون تجربة لاختبار شىء سيحدث فى المستقبل البعيد ، على مدى زمنى جد هائل حتى أنه أطول من عمر الكون .

وعلى بعد ميلين أسفل قمة مونت بلانك ، حيث الموقع آمن من الاشعاع الكونى الذى قد يؤدى الى إشارات مضللة فى الجهاز ، عرض لى الفيزيائى الايطالى بيتشى بيو تجربة لقياس عمر البروتون .

وقال بيو : « من الواضح أننا لا نستطيع أن نظل منتظرين بلايين السنين ونحن نرقب بروتون واحد لنرى إذا كان سيختفى . ولكننا نستطيع أن نجمع 10^{30} بروتون أو أكثر ونرى إذا كان واحد منها سيتحلل خلال فترة معينة لتكن مثلا عاماً واحداً فاذا كان تحلل البروتون حقيقة من حقائق الطبيعة ، فانه من الوجهة الإحصائية ينبغى أن يموت على الأقل بروتون واحد خلال العام .

وعرض لى بيو مجموعة بروتوناته ، كانت محتواة فى نظام من بلاطات حديدية تزن إجمالاً ١٥٠ طنًا . وقد قدر بيو وزملاؤه أن عدد البروتونات فى الحديد يقرب من 10^{32} ، « العدد المناسب تماماً لتجربة جيدة » .

والبلاطات كلها قد جهزت بما يصل الى ٤٢٫٠٠٠ أداة تشبه عدادات جيجر لتلتقط أى دفقة إشعاع يبثها بروتون يموت . وتسمى هذه الأدوات المسعر Calorimeter ، وهى موصلة الى كمبيوتر . ومهمة بيو وزملائه الذين كانوا من العديد من الجامعات الايطالية ومن مركز البحوث النووية الأوروبى هى أن يرقبوا – مجرد أن ينتظروا ويرقبوا – شاشة الكمبيوتر فى انتظار الاشارة الصحيحة . وعندما رأيت التجربة فى ١٩٨٢ ، كان ثمة أربعة أحداث مرشحة لذلك قد ظهرت بالفعل على شاشة الكمبيوتر .

وحصل بيو على طبعة الكمبيوتر لأحد هذه الأحداث . كان ذلك مسارًا فى شكل حرف واى Y كان القائمون بالتجربة مقتنعون الى حد معقول بأنه يبين أن بروتونًا واحدًا قد تحلل الى لبتون يدعى ميون والى الكترون موجب أو بوزيترون ، مخلفًا فى أعقابه دفقة صغيرة من الطاقة التقطتها المسعرات . وكان المسار الآخر الذى أراه لى هو لنيوترينو قال أنه قد مر بالكامل خلال الأرض قبل أن يصل الى النفق فى أسفل مونت بلانك .

وتنفَق ملايين الدولارات على تجارب مماثلة فى الهند وأوهايو ومينوسوتا وداكوتا الجنوبية ويوتاه واليابان للكشف عن زمن حياة البروتون . وحتى الآن فإن معظم النتائج ليست حاسمة ، وإن كان الباحثون فى الهند يزعمون أن لديهم على الأقل ثمانية أمثلة لتحلل البروتون . وإذا أمكن قط أن يظهر بالتأكيد تحلل البروتونات ، فإن هذه يبرهن على أن النظريات الموحدة المختلفة هى على الدرب الصحيح . وسيبين هذا أيضًا للعلماء أن الكون هو جبليًا غير مستقر ، حيث أن البروتونات هى المكونات الرئيسية للمادة .

ويظل هوكنج متشككًا بهذا الشأن .

وذات يوم قال لى بصراحة فى مكتبه : « إنهم لن يجدوا تحللاً للبروتون . ولو فعلوا ، فإن هذا سيعنى أن ثمة خطأ فى التجربة . وما أخمنه هو أن زمن حياة البروتون لهو أطول الى حد كبير مما

يعتقدون . إنهم يبحثون فى مدى من 10^{30} الى 10^{33} من السنين . وهذا أفضل ما يستطيعون فى وقتنا هذا . وأنا أقدر أنه يزيد زيادة لها قدرها عن 10^{33} سنة . وفى هذه الحالة ، فإنه يكاد يكون من المستحيل رؤية ذلك » .

وقلت ملاحظًا : « إنك تبدو جد واثق » .

وقال مسلمًا : « لو كانت أبسط المعادلات فى النماذج الموحدة الكبرى معادلات صحيحة ، لأمكن الكشف عن الأمر . ولكن المرء يستطيع أن يصنع نماذج موحدة كبرى يكون فيها زمان حياة البروتون أطول كثيرًا من 10^{33} سنة . وعندها لا يمكن قط اكتشاف الأمر » .

« ومن ناحية أخرى سيكون من المستحيل - ليس فقط بالنسبة للآن ، بل وفى المستقبل - أن نميز تحلل البروتون عن أحداث أخرى معينة تسببها جسيمات النيوترينو . وهذه الأحداث ليست هى نفسها ، ولكنها تبدو مشابهة جدا لتحلل البروتون » . وتذكرت نيوترينو بيو ، ذلك الذى شق طريقه مخترقًا الأرض كلها ، ومشابهته للمسار الذى خلفه ما يُزعم أنه بروتون فى سكرات موته .

وقال هوكنج : « وهناك أيضًا نوع آخر من تحلل البروتون ينجم عن الثقوب السوداء الصغيرة . وهذه الثقوب الصغيرة أصغر حجمًا

من البروتونات . ولكن زمن حياة البروتونات فى هذه الحالة أكثر من 10^{45} سنة . ولا يمكن قط لشيء أن يقيسه » .

وازدراء هوكنج لتجارب بحاث البروتون يمكن ألا يؤخذ فى الحسبان ، باعتبار أنه مما يميز عدم الثقة المتبادل بين المنظرين والتجريبيين . وهو يقول مصراً على أنه ليس كذلك : « لست ضد التجريبيين ، وانما المنهج فحسب » .

« ولكن لو تم قط إثبات تحلل البروتون ، فإن هذا سيقود الى أفكار شيقة نوعًا » .

المبدأ الإنسانى

وجدت التقارير الأولى عن الانفجار الكبير جمهورا مهيأ لتقبلها فى الكثير من الجماعات الدينية . وبعد أن عرف البابا بيوس الثانى عشر بما يتضمنه سفر التكوين العلمى هذا ، فإنه أعلن فى ١٩٥١ أن « العلم الحقيقى يكتشف الله بدرجة تتزايد أبدا وكأن الله ينتظر خلف كل باب يفتحه العلم » . ويؤمن عدد من العلماء ليس بالقليل بأن حقائق الانفجار الكبير التى يتم الكشف عنها وئيدا تشير إلى صنيع الخالق . ومن الواضح أن ليس للعلم أن يتمكن من الوصول بنا إلى لحظة الخلق بالضبط - وانما هو يصل فحسب إلى النقطة التى تبدأ عندها الفلسفة والميتافيزيقا واللاهوت ، وقد قال لى ستيفن هوكنج « ما إن تبدأ فى مناقشة أصول الكون حتى تصبح هناك دلالات دينية واضحة ، ولكنى أعتقد أن معظم العلماء يفضلون البعد عن هذا الجانب » .

ومنذ سنوات معدودة ، بينما كان هوكنج يفكر فى معنى الكون أكثر مما يفكر فى عدد الأكوان ، فإنه هو وعدة زملاء آخرين معدودين استنبطوا مبدأ اعتبره بعض العلماء هرطقة علمية ولكن العلماء الآخرين يعتقدون أنه يضع الكون فى المنظور الصحيح .

وقد تأسس مبدأ هوكنج على تجربة فكرية كلاسيكية ، ويتخذ المبدأ كمقدمته الأولى ، أن كل ملامح عالمنا اليومى ، وعالم ما تحت الذرة ، والكون نفسه ، تتحدد بعدد قليل من القوانين الفيزيائية الأساسية والثوابت ، قد لا يتجاوز عددها الإجمالى الخمسة عشر ، وهذه قد تم الكشف عنها بواسطة العلم وتتضمن كتل الجسيمات الأولية والشدة النسبية للقوى الأساسية التى تعمل ما بين الجسيمات .

وقد اكتشف هوكنج مع براندون كارتر وزملاء آخرين أن ثمة توازناً رهيفاً للغاية موجود فى الطبيعة . وكمثل ، فلو أن القوة القوية التى تؤثر على الكواركات والنيوترونات والبروتونات التى فى نواة الذرة كانت فقط أضعف شيئا بسيطا ، فإن العنصر الوحيد الذى سيكون مستقرا هو الهيدروجين ولن يمكن تواجد أى عنصر آخر .

ولو كانت القوة القوية أقوى شيئا بسيطا بالنسبة للقوة الكهرومغنطية التى تنظم مسلك اللبتونات مثل الالكترونات والنيوترينات ، لأصبح أحد الملامح الثابتة للكون أن تكون هناك نواة للذرة تحوى بروتونين لا غير - أو ثنائية البروتون ، وسيعنى هذا أن الهيدروجين لن يوجد ، وأن النجوم والمجرات ستنشأ بطريقة تختلف أبعد الاختلاف عن الطريقة التى قد نشأت بها ، هذا إن كانت ستنشأ أصلا .

ولو كان ثابت الجاذبية أقوى - بما يصل فقط إلى أن يكون أقل قوة من القوة النووية القوية بـ $١٠^{-٢٥}$ ضعفا بدلا من أن يكون أضعف منها بـ $١٠^{٣٨}$ ضعفا - لكان كوننا صغيرا رشيقا ، وستكون كتلة النجم المتوسط هى فقط $١٠^{-١٢}$ من كتلة الشمس وسيتمكن من البقاء لما يقرب من سنة فحسب ، وهو زمان لا يكفى لنشأة ظاهرة بيولوجية معقدة مثل الجنس البشرى .

ولو أن الجاذبية كانت أقل قوة مما هى عليه الآن ، لما تكتلت المادة فى نجوم ومجرات ولكان الكون باردا خاويا . ولكن حيث أن الجاذبية هى أضعف جدا من القوى الثلاث الأخرى فإن هذا هو بالضبط السبب فى أن نشأت مجرتنا هى ونظامنا الشمسى ، وكما يبين هوكنج ، فإن نمو الكون - الذى هو نمو قريب من الحافة ما بين التقلص والتمدد الأبدى بما لم يتمكن الإنسان من قياسه - هذا النمو هو بالضبط بالسرعة المناسبة لإتاحة تكوين المجرات والنجوم .

ويقول هوكنج « والحقيقة أن كونا مثل كوننا بمجراته ونجومه هو بالفعل قليل الاحتمال تماما . ولو تدبر المرء فيما يمكن أن ينبثق من ثوابت وقوانين ممكنة ، فإن نسبة الاحتمالات ضد كون ينتج حياة مثل حياتنا لهى نسبة تصل إلى قدر هائل » .

وهناك أيضا مسألة الانتروبيا ، وهذا العامل من التحلل والفوضى اللذين يتزايدان أبدا يحكمه القانون الثانى للديناميكا

الحرارية ، الذى يعلن أن أى تغير فى الكون سيؤدى إلى أن يصبح مكانا أقل تنسيقا بعض الشئ . فالانتروبيا دائما فى تزايد ، والنظام دائما فى تناقص ، والبرهان على هذه النزعة الشاملة نحو التحلل ، موجود فى كل مكان . فالعربات تصدأ ، والنجوم تبرد وتموت ، وأجهزة الستريو تتخرب ، والناس يصبحون مسنين ، والجبال تتآكل ، والمبانى تنهار . ويؤدى هذا إلى موقف حرج : إذا كان الكون مكانا يشبه ساعة تكف عن الدوران وئيدا ، فكيف تم فى المقام الأول لف زنبركه فى مواجهة هذه النزعة الطبيعية ؟ فالنظام هكذا يكون قد نشأ من الفوضى فى تحد للقانون الثانى للديناميكا الحرارية .

والقانون الثانى للديناميكا الحرارية ليس قانونا مطلقا . فالانتروبيا يمكن أن تتناقص ، بمعنى أن النظام يمكن أن يزيد طبيعيا . ولكن هذا أمر قليل الاحتمال قلة بالغة ، ولننظر فى نسبة الاحتمالات لأن تهز أجزاء إحدى الساعات فى برميل بحيث يحدث أن تقع كل الأجزاء فى مكانها كآلة تعمل فعلا فى قياس الزمن . هل هذا هو نوع الحدث الذى أدى إلى الانفجار الكبير ؟ هل كوننا هذا هو عكس عارض هائل للانتروبيا ؟ أو هل هو معجزة – بالمعنى الحرفى للكلمة ؟

إن هوكنج يعتقد أن الطريقة الوحيدة لتفسير كوننا هى بواسطة وجودنا فيه . « وهذا المبدأ يمكن إعادة صياغته كالتالى (إن الأشياء موجودة بما هى عليه لأننا موجودون) » .

ويقول « حسب إحدى صيغ هذا المبدأ ، هناك عدد كبير من أكوان مختلفة ومنفصلة ولكل منها قيم مختلفة لمعلماته الفيزيائية ولظروف بدايته . ومعظم هذه الأكوان لن يكون فيه الظروف المناسبة لنشأة حياة ذكية » .

« على أنه سيكون في عدد قليل منها ظروفه ومعلماته مثل ما فى كوننا ، وهذه هى الأكوان التى يمكن أن تنشأ فيها حياة ذكية تسأل عن (لماذا يكون الكون كما نرصده ؟) والإجابة الوحيدة هى أنه لو كان على غير ذلك ، لما كان هناك أحد ليسأل هذا السؤال » .

ويقول هوكنج « من المدهش أن هذا المبدأ يمد ببعض تفسير لكثير من العلاقات العددية الرائعة التى نلاحظها بين القيم التى لمعلمات فيزيائية مختلفة » .

ويسمى براندون كارتر هذا المفهوم الغريب نوعاً « المبدأ الإنسانى » . وبعض العلماء يشجبون المبدأ الإنسانى لكارتر وهوكنج على أساس أنه لا يقدم أى تفسير على الإطلاق ، ولعل الأمر أن المبدأ الإنسانى حتى الآن - وهو نوع من حجة غير مكتملة لا ترضى حقا فضولنا عن أصل الكون - إنما هو أفضل ما يستطيع العلم أن يصنعه .

ويقر هوكنج ، وهو أكثر البشر فضولا ، أن المبدأ الإنسانى لا يصل حتى إلى أن يقترب من تزويدنا بتوصيف علمى صادق للكون بالمعنى الحقيقى ، وهـو يقول « إذا كنا سنعتمد على المبدأ

الإنسانى ، فإننا سنكون مازلنا فى حاجة إلى بعض نظرية موحدة تفسر ظروف بداية الكون » .

وبعض الفيزيائيين يأخذون هذا المفهوم مأخذا جديا جدا ، وهناك جون هويلر بجامعة تكساس الذى يطلق عليه أنه فيزيائى الفيزيائيين ، وهو يتوسع فى المبدأ الإنسانى ، ويتصور تجمعا من الأكوان فى دورات لا نهائية من التمدد والتقلص الكونى ، ويحدث هذا فى ساحة يسميها « الفضاء الفائق » . فضاء مقاساته لانهائية حيث كل نقطة يمكن أن تتوافق مع كل هندسة أحد الأكوان .

والفضاء الفائق فيه منسع تقريبا لأى نوع من الأكوان يمكن تخيله – تلك الأكوان التى تتقلص بعد دقائق معدودة فحسب أو تلك التى تكون كل النجوم فيها خضراء أو حمراء ، ومعظم أكوان الفضاء الفائق هذه تولد ميتة بمعنى أنها لا حياة فيها ، وهويلر يتفق مع هوكنج وكارتر على أن كوننا قد ضبط ضبطا دقيقا على نحو فريد لينتج الحياة ، حتى ولو كانت فحسب فى ركن واحد صغير ضائع .

وبهذه النظرة ، فإن الجنس البشرى قد يكون جوهرة التاج لكل الخليقة ، والكون هو على ما هو عليه لأننا قد نشأنا من خلاله . بل ويطرح هويلر أن كونا تفشـل الحياة فى أن تنشأ فيه لهو كون فاشـل ، وهو قد وصـل إلى الإيمـان بأن كونا يتم تشييده بحيث لا تنشأ الحياة من خلاله لهو كون لا يمكن أن يظهر للوجود فى المقام الأول .

ويسمى هويلر ذلك بأنه مبدأ « المراقبية » ، وهو امتداد للفكرة التى فى الكم من أنه بدون مراقب لا توجد فيزياء تحت ذرية ، وبالنسبة لهويلر ، فنحن نعيش فى كون تشاركى يعتمد على وجود مراقب ، وكل قوانين الطبيعة تعتمد على وجود مراقب ليصوغها .

والحقيقة أنه طرح أن هذا المبدأ يؤدى إلى فكرة أن قوانين الفيزياء هى نفسها فى الضد من العدم الأصلى - الانتروبيا بالكامل ، وكون بلا رقيب لا يكون كونا على الاطلاق .

وقد وصل الأمر أخيراً ببعض الفيزيائيين إلى رؤية علاقة ، بين عملهم والأفكار التى من وراء الصوفية الشرقية . وهم يعتقدون أن المفارقات ، وأوجه الغرابة ، والاحتمالات هى وميكانيكا الكم أيضا التى تعتمد على المراقب ، كلها مما توقعته الكتابات الهندوسية والبوذية والتاوية ، وهؤلاء الفيزيائيون الذين يُزعم أنهم الفيزيائيون الجدد ، مولعون بأن يوضحوا أن ميكانيكا الكم هى فى الحقيقة مجرد إعادة اكتشاف لشيفا أو مهاديفا ، الاله الهندوسى ذو القرن ، والذى هو إله للتدمير ولتحلل الكون .

وشيفا الذى ورد ذكره قديما بما يصل إلى القرن الثالث أو الرابع ق . م ، يتخذ آشكالا عديدة ، وأحدها هو ناتاراجا ذو الأذرع الأربعة ، إله الرقص الكونى الذى يصور وهو يرقص فوق شيطان مدحور ، وترمز رقصة هذا الإله إلى العملية المتصلة من خلق الكون وتدميره . والمادة لا كيان لها على الاطلاق ، والأمر هو مجرد

دوران الطاقة دورانا إيقاعيا ديناميا جيئة وذهابا ودافيد بوهم واحد من هؤلاء المنظرين الجدد وهو يعمل أستاذا للفيزياء النظرية فى كلية بيربك ، وهو يعتقد أن قدرة الذهن البشرى على استيعاب الحقائق العليا هى قدرة يتم إنكارها أو تجاهلها بواسطة العلم التقليدى . فالعلم القياسى هو علم له نهاية مسدودة لأنه يحلل الخبرة فى أجزاء منفصلة ، والذهن البشرى - وخاصة ذهن الفيزيائى - لهو فى حاجة طاغية لفرض المقولات على الخبرة .

وكنتيجة لذلك فإن شبكة الواقع الفيزيائى المتصلة الخيوط دون لفق يتم تقسيمها إلى أحداث منفصلة تبدو وكأنها لا تحدث إلا جنبا إلى جنب أو فى أجزاء مختلفة من الزمان والمكان ، ويطرح بوهم أنه بفهم الصوفية الشرقية سيتمكن الفيزيائيون من تحرير عقولهم من هذا السجن الذى تم خلقه ذاتيا ، على الأقل لفترة وجيزة ، من أجل أن يتوصلوا إلى لحظة من الخلق العلمى .

وفى كمبردج يقوم أحد زملاء هوكنج بممارسة نشطة لتكنيكات التأمل الشرقية ، وهو بريان جوزيفسن الحائز على جائزة نوبل فى ١٩٧٣ ، وجوزيفسن مشغول بالعلاقة بين الذكاء البشرى والعالم الذى يلاحظه هذا الذكاء ، وهو قد وصل إلى الاعتقاد بأنه بفهم الصوفية الشرقية سوف يكتسب بصيرة تنفذ إلى الحقيقة الموضوعية .

ويقول هوكنج « أعتقد أن هذا هراء مطلق » ، ورفعت بصرى من كراستى إليه . فقال آمرا « سجل هذا كتابة ، إنه محض هراء » .

وذات صباح فى أواخر الربيع كنا فى مكتبه وكنا نتحدث عن العلاقة بين الانفجار الكبير والمبدأ الإنسانى . وكنت أود أن أعرف ماذا يعتقد بشأن حماس بعض الفيزيائيين للعثور على صلة بين تحولات الطاقة – المادة فى فيزياء الكم ودورات الخلق – الهدم فى الصوفية الشرقية ، وكان نيلز بوهر الرائد فى الكم ، قد أكد أيضا أنه مما لا فائدة له محاولة استخدام ميكانيكا الكم كمنصة قفز للتأملات الصوفية أو الميتافيزيقية .

وقال لى هوكنج « إن عالم الصوفية الشرقية هو وهم ، والفيزيائى الذى يحاول ربطه بعمله ذاته يكون قد هجر الفيزياء » .

وفى ٢٩ أبريل ١٩٨٠ ، احتفل بتقليد هوكنج منصب أستاذ كرسى لوكاس للرياضة فى كمبردج ، وهذا المنصب هو من أعلى مناصب الجامعة ، وترقيته إليه تعد إنجازا رائعا ، وكانت محاضرة حفل تولى المنصب هى « هل تكون نهاية الفيزياء النظرية وشيكة ؟ » وقد قرأها عنه أحد تلاميذه ★ .

وكما قال هوكنج ، ففى اعتقاده أنه سرعان ما سيكون للجنس البشرى نظرية جديدة سوف تفسر ما كان عليه الكون فى أول بدايته ولماذا يسلك الآن بالطريقة التى يسلكها . وسوف يتطلب ذلك فهما أقوى للقوى الأربع التى رصدت فى الطبيعة . وسوف يكون المفتاح هو نظرية كم للجاذبية ، يمكن التوصل إليها بسهولة خلال

★ المحاضرة الكاملة مضمنة فى ملحق الكتاب .

عشرين عاما ، وأنهى هوكنج حديثه بما سماه « ملحوظة منذرة بعض الشئ » .

فقال « فى الوقت الحالى نجد أن الكمبيوترات هى أداة بحث مفيدة ، ولكنها يجب أن توجه بالعقول البشرية ، ولكن لو أننا استقرأنا الأمور من المعدل السريع لنمو الكمبيوترات مؤخرا فإنه سيبدو أن من جد المحتمل أنها ستهيمن كل الهيمنة على الفيزياء النظرية » .

« وهكذا فلعل النهاية أصبحت وشيكة بالنسبة للفيزيائيين النظريين ، إن لم تكن للفيزياء النظرية » .

وقد ناقشنا هذا الحديث بعدها بعامين . وتساءلت خاصة عن أقواله الختامية . فقال ، « النقطة هى أننا قد قطعنا طريقا جد طويل فى السنوات العشرين - أو الخمسين - الأخيرة حتى أنه لا يمكن للمرء أن يأمل أن سيستمر الأمر هكذا إلى مالا نهاية .

« وهكذا فإننى أعتقد أنه من الممكن تماما أننا إما سوف نتوقف ولا نتقدم بأكثر ، أو أننا سرعان ما سنجد النظرية الموحدة ، ربما خلال العشرين سنة الآتية » .

وسألت هوكنج عن مستقبله هو نفسه فى الفيزياء .

وقال هوكنج « فيما يختص بالفيزياء النظرية فقد تجاوزت قمة التل من قبل . بل تجاوزتها فعلا بمسافة جد بعيدة » ، وكان هوكنج قد وصل الأربعين من عمره فى يناير ١٩٨٢ ، وقال مفسرا ، وقد

اتخذ وجهة نظره البراجماتية المتميزة التى دمغت طابعها على معركته ضد التوقعات السيئة العجيبة خلال العشرين سنة السابقة :

« حسن ، أنت تعرف أن أفضل الأعمال فى الفيزياء النظرية هى فى معظمها مما قد قام به أفراد فى عمر مبكر جدا - عادة أفراد فى العشرينيات من عمرهم . وهكذا فإن بلوغ الأربعين ليس هو مرحلة الحياة التى يتوقع المرء فيها أن ينجز اكتشافات عظيمة فى الفيزياء النظرية » .

وكما يعتقد ، فإن السبب فى ذلك هو أن المرء يأخذ فى فقدان حيويته العقلية كلما زاد عمره . فيقول « والشبان لا ينحون إلى التعقل ، وعندما يصلون إلى فكرة راديكالية ، فإنهم لا يخشون تجربة فرصتهم فيها » .

إن المرء ليتساءل ما الذى يُبقى هوكنج مستمرا فى طريقه . هل هو العناد كما فى نفوره من أن ينال أجازة حتى ليوم واحد عندما يصاب بالأنفلونزا أو ببرد قاسٍ ؟ أو هل فى الأمر نوع آخر من صلابة عقلية ، نوع من صلابة مع رفع الشفة العليا ، بما يجعل هوكنج عازفا عن الشكوى من حالة مرضه تلك ، وربما حتى عازفا عن التفكير فى تلك الحالة التى قد تصل إلى تدمير أي إنسان آخر أقل منه ؟

ولعل الأمر فيه شئ من كل من الجانبين . فستيفن هوكنج إنسان صلب جدا ، أصلب إنسان لاقيته قط ، ولكن الأمر يتجاوز ذلك . إنه

فى كوننا المخلوق ذى المخ الذى تمت تنميته لأقصى التنمية الكاملة ، إنسان يعيش ليفكر .

ويقول هوكنج « أعتقد أننا سنصل إلى النظرية الموحدة خلال العشرين سنة القادمة ، وربما سيكون ذلك فى سلسلة من الخطوات الصغيرة ، ولكن فكما تعرف ، ما إن نعثر عليها ، فإنها ستقضى تقريبا على أى متعة فى الفيزياء النظرية » .

ملحق

هل تكون نهاية الفيزياء النظرية وشيكة ؟

محاضرة حفل تولى منصب الأستاذية

أود فى هذه المحاضرة أن أناقش إمكانية أن يتم التوصل إلى هدف الفيزياء النظرية في مدى من المستقبل ليس بعيدا جدا ، هو مثلا عند نهاية هذا القرن . وما أعنيه هنا أننا ربما سيكون لدينا نظرية موحدة للتفاعلات الفيزيائية هى كاملة ومتماسكة ، وتوصف كل المشاهدات الممكنة . ويجب بالطبع أن يكون المرء حريصا جدا عند القيام بتنبؤات من هذا النوع : وقد حدث من قبل فى مرتين على الأقل أن اعتقدنا أننا على وشك الوصول إلى التركيب النهائى . ففى مستهل هذا القرن كان من المعتقد أنه يمكن فهم أى شئ بلغة من ميكانيكا المجال المتصل .Continuum mechanics . وكل ما يحتاجه الأمر هو قياس عدد معين من معاملات المرونة واللزوجة والتوصيل ، إلخ ، وقد تبدد هذا الأمل باكتشاف بنيان الذرة وميكانيكا الكم . ومرة أخرى في أواخر العشرينيات من القرن قال ماكس بورن لجماعة من العلماء يزورون جوتنجن أن « الفيزياء كما نعرفها ، سينتهى أمرها فى ستة شهور » ، وكان هذا بعد زمن وجيز من اكتشاف بول ديراك لمعادلة ديراك التى تحكم مسلك

الالكترون ، وديراك هو واحد ممن شغلوا سابقا كرسي لوكاس للأستاذية ، وكان من المتوقع أن معادلة مماثلة سوف تتحكم فى البروتون ، وهو ما كان يفترض أنه الجسيم الأولى الآخر الوحيد فيما يعرف وقتها . على أن اكتشاف النيوترون والقوى النووية قد خيب من هذه الآمال ، وفي الحقيقة فنحن نعرف الآن أن البرتون والنيوترون ليسا جسمين أوليين وإنما يتكون كل منهما من جسيمات أصغر ، وعلى كل ، وكما سأصفه لكم ، فقد وصلنا فى السنوات الأخيرة إلى الكثير من التقدم ، بحيث أن ثمة أسسا لأن تتفاءل فى حذر بأننا قد نرى نظرية كاملة أثناء حيات بعض من أولئك الحاضرين هنا .

وحتى لو أمكننا التوصل إلى نظرية موحدة كاملة ، فإننا لن نكون قادرين على القيام بتنبؤات تفصيلية إلا فى أبسط المواقف ، وكمثل ، فنحن نعرف من قبل القوانين الفيزيائية التى تحكم كل شئ مما نخبره فى حياتنا اليومية : وكما وضح ديراك ، فإن معادلته هى أساس « معظم الفيزياء ، وكل الكيمياء » . على أننا لم نتمكن من حل المعادلة إلا بالنسبة لمنظومة هى أكثر المنظومات بساطة ، أى ذرة الهيدروجين التى تتكون من بروتون واحد والكترون واحد . أما بالنسبة للذرات الأكثر تعقيدا والتى فيها الكترونات أكثر ، فإن علينا أن نلجأ لتقريبات ولتخمينات حدسية مشكوك فى صحتها ،

ناهيك عما يحدث مع الجزئيات حيث فيها أكثر من نواة . أما بالنسبة للمنظومات الكبيرة التى تتألف من $١٠^{٢٣}$ من الجسيمات أو ما إلى ذلك ، فإن علينا أن نستخدم مفاهيم احصائية ، وأن ننبذ أى ادعاء بحل المعادلات حلا مضبوطا . ورغم أننا من حيث المبدأ نعرف تلك المعادلات التى تحكم كل البيولوجيا ، فإننا لم نتمكن من تبسيط دراسة السلوك الإنسانى ليصبح فرعا من الرياضيات التطبيقية .

ما الذى نعنيه بنظرية فيزياء كاملة وموحدة ؟ إن محاولتنا لصياغة نموذة للواقع الفيزيائى تتكون طبيعيا من جزئين :

١ - منظومة من القوانين الموضعية تخضع لها الكميات الفيزيائية المختلفة ، وهذه تصاغ عادة بلغة من معادلات متمايزة .

٢ - منظومات من شروط حدية Boundary Conditians تنبئونا عن حالة بعض مناطق الكون فى وقت معين وما هى التأثيرات التى تنتشر فيها بالتالى من سائر الكون .

وسيزعم أناس كثيرون أن دور العلم مقصور على القسم الأول من هذين القسمين وأن الفيزياء النظرية تكون قد توصلت إلى هدفها عندما نحوز منظومة كاملة من القوانين الفيزيائية الموضعية . وسوف يعتبرون أن مسألة ظروف بداية الكون إنما تنتمى إلى مجال الميتافيزيقا أو الدين . وهذا الموقف يشبه بطريقة ما موقف أولئك

الذين كانوا فى قرون سابقة يثبطون البحث العلمى بقولهم أن كل الظـواهر الطبيعية هى من صـنع الله وينبغى عدم البحث فيها . وأنا أعتقد أن الظروف الابتدائية للكون هى موضوع مناسب للدراسة العلمية والتنظير مثلها مثل قوانين الفيزياء الموضعية ، ولن تكون لدينا نظرية كاملة إلا إذا أمكننا أن نفعل ما هو أكثر من مجرد القول بأن « الأشياء تكون على ما هى عليه لأنها كانت بما هى عليه » .

ومسألة تفرد الظروف الابتدائية هى على علاقة وثيقة بمسألة تعسفية قوانين الفيزياء الموضعية : فالمرء لا يعتبر أن نظرية قد اكتملت إذا كانت تحوى عددا من المعلمات القابلة للتعديل مثل الكتل أو ثوابت التقارن التى يمكن أن يعطى لها المرء أى قيمة يحبها . والحقيقة أنه يبدو نظريا أن الظروف الابتدائية هـى وقيم المعلمات ليست تعسفية وإنما هى قد تم اختيارها أو التقاطها على نحو ما بحرص بالغ . وكمثل ، فلو أن الاختلاف بين كتلة البروتون - النيوترون كان لا يقرب من مثلى كتلة الالكترون لما حصلنا على المائتى نكليد المستقرة ، أو عدد ما يقرب من ذلك من النكليدات المستقرة ، التى تصنع العناصر والتى هى الأساس للكيمياء والبيولوجيا . وبالمثل ، فلو كانت الكتلة الجذبوية للبروتون مختلفة عما هى عليه اختلافا ذى دلالة ، لما كان لدينا النجوم التى يمكن أن

يتم فيها بناء هذه النكليدات ، ولو كان تمدد الكون فى البداية أقل هونا أو أكبر هونا ، فإن الكون إما أنه كان سيتقلص قبل إمكان نشأة هذه النجوم وإما أنه كان سيتمدد بسرعة جد كبيرة حتى أن النجوم لن تتكون قط بالتكثيف بالجاذبية . والحقيقة أن بعض الناس قد ذهبوا بالأمر بعيدا إلى حد رفع هذه القيود التى على الظروف الابتدائية والمعلمات ، وربما يصل بنا إلى وضع مبدأ ، هو المبدأ الانسانى ، الذى يمكن إعادة صياغته كالتالى « الأشياء موجودة بما هى عليه لأننا موجودون » وحسب إحدى صور هذا المبدأ ، فإن هناك عددا كبيرا جدا من أكوان مختلفة منفصلة بها اختلاف فى قيم المعلمات الفيزيائية كما تختلف فى الظروف الابتدائية . ومعظم هذه الأكوان لن تتوفر فيها الظروف الملائمة لنشأة البنيانات المعقدة اللازمة للحياة الذكية . ولن يكون هناك إلا عدد صغير من الأكوان ، تكون الظروف والمعلمات فيها مماثلة لما فى كوننا ، بحيث يمكن أن تنشأ حياة ذكية يمكن أن تطرح السؤال « لماذا يكون الكون كما نرصده ؟ » والإجابة عن هذا السؤال هى بالطبع أنه لو كان الكون على غير ما هو عليه ، لما كان هناك أى واحد ليسأل هذا السؤال .

والمبدأ الإنسانى يوفر فعلا نوعا من التفسير للكثير من العلاقات العددية الرائعة التى لوحظت بين قيم مختلف المعلمات

الفيزيائية . على أنه ليس مرضيا على الوجه الأكمل ؛ فالمرء لا يتمالك أن يشعر بأن هناك تفسيرا ما أعمق . كما أنه لا يستطيع تفسير كل مناطق الكون . وكمثل ، فإن نظامنا الشمسي هو يقينا مطلب مسبق لوجودنا ، مثله في ذلك مثل جيل أحدث من النجوم المجاورة حيث من الممكن تكوين العناصر الثقيلة بالتخليق النووي . بل ولعل الأمر أن وجود مجرتنا كلها هو من المطلوب ، ولكن ليس من ضرورة ظاهرة لوجود المجرات الأخرى ، دع عنك ما نراه من وجود مليون مليون مجرة أو ما يقرب ، تتوزع في اتساق خلال كل الكون الممكن رصده . وتجانس الكون هذا على النطاق الواسع يجعل من الصعب جدا أن نتمسك بنظرة يكون الإنسان فيها هو المحور أو أن نعتقد أن بنيان الكون قد تحدد بواسطة شئ ما في أقصى أطرافه هو بعض تكوينات من جزيئات معقدة على كوكب صغير يدور من حول نجم من مستوى جد متوسط وذلك في الضواحي الخارجية لمجرة لولبية نمطية إلى حد ما .

وإذا كنا لن نلجأ إلى استدعاء المبدأ الإنساني ، فإننا نحتاج إلى نظرية ما موحدة لتفسير الظروف الابتدائية للكون هي وقيم شتى المعلمات الفيزيائية . على أن من الصعب جدا استنباط نظرية كاملة عن كل شئ ، كلها في دفعة واحدة (وإن كان يبدو أن هذا لا يقف في سبيل بعض من الناس ؛ فأنا يصلني في كل أسبوع

فى بريدى نظريتان أو ثلاثة نظريات موحدة) ، والذى نفعله بدلا من ذلك هو أن نبحث عن نظريات جزئية توصّف مواقف يمكن فيها تجاهل تفاعلات معينة أو تقريبها بطريقة مبسطة . فنحن أولا نقسم المحتوى المادى للكون إلى قسمين ، جسيمات « المادة » مثل الكواركات والالكترونات والميونات ، إلخ ، ثم « التفاعلات » مثل الجاذبية والكهرومغنطية ، إلخ ، وجسيمات المادة يتم توصيفها بمجالات من لف يصل إلى نصف عدد صحيح من اللفات وهى تخضع لمبدأ باولى للاستبعاد ، الذى يمنع أن يكون هناك أكثر من جسيم واحد من نوع معين فى نفس الحالة . وهذا هو السبب فى أنه يمكن أن يكون لدينا أجسام صلبة لا تتقلص إلى نقطة أو لا تشع إلى مالا نهاية . والجسيمات الأساسية للمادة تنقسم إلى مجموعتين ، الهدرونات التى تتكون من الكواركات ، واللبتونات التى تشمل ما يتبقى .

والتفاعلات تُقسم ظواهريا إلى أربعة صنوف ، وهى حسب ترتيب قوتها : القوى النووية القوية التى تتفاعل فحسب مع الهدرونات . والهدرونات والقوة الكهرومغنطية التى تتفاعل مع الهدرونات واللبتونات المشحونة ؛ والقوى النووية الضعيفة التى تتفاعل مع كل الهدرونات واللبتونات ؛ وأخيرا الجاذبية وهى أضعف هذه القوى ، وتتفاعل مع كل شئ ، والتفاعلات تمثلها مجالات من

لف بعدد صحيح من اللفات ولا تخضع لمبدأ باولى للاستبعاد ، وهذا يعنى أنه يمكن أن يكون فيها عدد كبير من الجسيمات التى فى نفس الحالة ، وفى حالة القوة الكهرومغنطية هى والجاذبية ، تكون التفاعلات أيضا ذات مدى بعيد ، بما يعنى أن المجالات الناجمة عن عدد كبير من جسيمات المادة يمكن أن تتضايف كلها لتعطى مجالا يمكن الكشف عنه بمقاس كبير (ماكروسكوبى) .ولهذه الأسباب فإن هاتين القوتين كانتا أولى القوى التى نشأت لها نظريات ، نظرية الجاذبية لنيوتن فى القرن السابع عشر والنظرية الكهرومغنطية لماكسويل فى القرن التاسع عشر . على أن هذه النظريات كانت أساسا غير متوافقة ، لأن النظرية النيوتونية كانت لا متغيرة invariant إذا أُعطى للنظام كله أى عجلة متسقة ، فى حين أن نظرية ماكسويل تحدد عجلة مفضلة ، هى سرعة الضوء . وفى النهاية ثبت أن نظرية نيوتن هى التى يجب أن تعدل لتصبح متوافقة مع خواص اللاتغير فى نظرية ماكسويل . وقد تم التوصل إلى ذلك بواسطة نظرية النسبية العامة لاينشتين والتى تمت صياغتها فى ١٩١٥ .

ونظرية النسبية العامة للجاذبية هى ونظرية ماكسويل للديناميات الكهربية ينتميان إلى ما يسمى بالنظريات الكلاسيكية ، بمعنى أنهما يشملان كميات تتغير باستمرار ، ويمكن من حيث المبدأ على الأقل ، أن يتم قياسها بدقة تعسفية . على أنه تثور مشكلة عندما يحاول

المرء استخدام هذه النظريات لانشاء نموذج للذرة . فقد اكتشف أن الذرة تتكون من نواة صغيرة مشحونة بشحنة موجبة ويحيط بها سحابة من الكترونات ذات شحنة سالبة . وكان من الطبيعى أن يفترض أن الالكترونات تدور فى مدار حول النواة مثل دوران الأرض فى مدار حـــول الشــمس . إلا أن النظـــرية الكلاسيكية تنبأت بأن الالكترونات تشع موجات كهرومغنطية ، وهذه الموجات ستحمل الطاقة بعيدا بما يسبب أن تهوى الالكترونات لولبيا إلى داخل النواة ، بما ينتج عنه انهيار الذرة .

وقد أمكن التغلب على هذه المشكلة بما لا يشك فى أنه أعظم انجاز فى الفيزياء النظرية فى هذا القرن ، وهو اكتشاف ميكانيكا الكم . والفرض الأساسى فى هذه النظرية هو مبدأ عدم اليقين لهايزنبرج ، والذى يقرر أن أزواجا معينة من الكميات ، مثل وضع وعزم أحد الجسيمات ، هى مما لا يمكن قياسه فى نفس الوقت بدقة تعسفية . وفى حالة الذرة ، فإن هذا يعنى أن الالكترون وهو فى حالة أدنى طاقة له لا يمكن أن يكون ساكنا فى النواة ، لأنه في هذه الحالة سيكون موضعه هو وسرعته كلاهما محدد بالضبط . وبدلا من ذلك فإن الالكترون يكون عليه أن يُبسط Smeared للخارج حول النواة حسب بعض توزيع احتمالى ، وفى هذه الحالة فإن الالكترون لا يمكنه اشعاع الطاقة فى شكل موجات كهرومغنطية لأنه لن يكون له حالة من أدنى طاقة ليصل إليها .

وقد تم فى العشرينيات والثلاثينيات من هذا القرن تطبيق ميكانيكا الكم بنجاح عظيم على منظومات من مثل الذرات أو الجزيئات ، التى لها فحسب عدد محدود من درجات الحرية . إلا أنه قد نشأت المصاعب عندما حاول الناس تطبيقها على المجال الكهرومغنطى ، حيث هناك عدد لا نهائى من درجات الحرية ، هو على وجه التقريب اثنتان لكل نقطة فى الزمان - المكان .

ويمكن للمرء أن ينظر إلى درجات الحرية هذه على أنها متذبذات لكل منها وضعه وعزمه الخاصان به ، ولا يمكن للمتذبذات أن تكون فى سكون لأنها عند ذاك سيكون لها موضع وعزم محددان بالضبط ، وبدلا من ذلك ، فإن كل متذبذب يجب أن يكون له قدر أدنى معين مما يسمى « تراوحات نقطة الصفر » وله طاقة من لا صفر ، وطاقات تراوحات نقطة الصفر لكل العدد اللانهائى من درجات الحرية ينتج عنها أن تصبح الكتلة والشحنة الظاهرة للالكترون لا نهائيتين .

وقد تم إنشاء طريقة تسمى إعادة التطبيع للتغلب على هذه الصعوبة فى أواخر الأربعينيات . وهى تتألف مما هو تقريبا عملية طرح Substraction تعسفى لكميات معينة لا متناهية ليكون المتبقى كميات متناهية ، وفى حالة الديناميات الكهربية ، كان من الضرورى القيام بعمليتين من عمليات طرح اللامتناهيات هذه ،

إحداهما لكتلة الالكترون والأخرى لشحنته . وطريقة إعادة التطبيع هذه لم توضع قط على أساس رياضى أو عقلى جد متماسك ، ولكنها عند التطبيق كانت صالحة تماما للعمل ، وكان نجاحها العظيم هو التنبؤ بإزاحة صغيرة ، هى إزاحة لامب ، التى تحدث فى بعض الخطوط فى طيف ذرة الهيدروجين . على أنها لا تعد طريقة مرضية تماما من وجهة نظر محاولة إنشاء نظرية كاملة ، لأنها لا تعطى أى تنبؤات عن قيمة البواقى المتناهية التى تتبقى بعد عمليات طرح اللامتناهى . وهكذا يكون علينا أن نعود ثانية إلى المبدأ الإنسانى لتفسير السبب فى أن الالكترون له الكتلة والشحنة اللتان له .

وأثناء الخمسينيات والستينيات كان من المعتقد بعامة أن القوى النووية الضعيفة والقوية مما لا يمكن إعادة تطبيعه ؛ بمعنى أنهم يتطلبان رقما لا متناهيا من عمليات طرح اللامتناهيات لجعلهما متناهيتين ، وسيكون هناك عدد لا متناهى من البواقى المتناهية التى لم تتحدد بالنظرية ، ونظرية كهذه لن تكون لها قدرة على التنبؤ لأن المرء لايستطيع أبدا قياس كل العدد اللامتناهى من المعلمات . على أن هوفت بيّن فى ١٩٧١ أن أحد النماذج الموحدة لتفاعلات القوى الكهرومغنطة والضعيفة والذى كان قد طرحه من قبل سلام و وينبرج هو حقا نموذج يمكن إعادة تطبيعه بعدد متناه فحسب من عمليات

طرح اللامتناهى ، وحسب نظرية سلام – وينبرج فإن الفوتون ، ذلك الجسيم من لف – ١ الذى يحمل التفاعل الكهرومغنطى ، ينضم إليه ثلاثة زملاء آخرين من لف – ١ تسمى W^+ و W^- و Z^O ، وعند الطاقات العالية جدا يتم التنبؤ بأن هذه الجسيمات الأربعة تسلك كلها بنفس الطريقة . أما عند الطاقات الأكثر انخفاضا فإن الظاهرة التى تسمى « كسر السمترية التلقائى » تستخدم لتفسير حقيقة أن الفوتون له كتلة سكون من صفر ، بينما يكون W^+ و W^- و Z^O كلها ذات كتلة كبيرة جدا ، وتنبؤات هذه النظرية عند الطاقة المنخفضـــة تتفق على نحو رائع مع المشـــاهدات ، وأدى هذا بالأكاديمية السويدي إلى منح جائزة نوبل لسلام و وينبرج وجلاشو الذى أنشأ هو أيضا نظريات موحدة مماثلة . على أن جلاشو نفسه ذكر أن لجنة نوبل فى الحقيقة كانت بذلك تقوم بمقامرة تقريبا لأننا ليس لدينا بعد معجلات جسيمات ذات طاقة عالية بما يكفى لاختبار النظرية عند النظام الذى يحدث فيه فعلا التوحيد بين القوى الكهرومغنطية التى يحملها الفوتون ، والقوى الضعيفة التى تحملها جسيمات W^+ و W^- و Z^O . والمعجلات التى لها قوة كافية لذلك ستكون مهيأة خلال سنوات معدودة ، ومعظم الفيزيائيين على ثقة من أنهم سيثبتون نظرية سلام – وينبرج .

وقد أدى نجاح نظرية سلام – وينبرج إلى البحث عن نظرية

مماثلة لاعادة تطبيع تفاعلات القوة القوية ، وقد تبين فى مرحلة مبكرة نوعا من هذا البحث أن البروتون هو والهدرونات الأخرى مثل الباى ميزون لا يمكن أن تكون حقا جسيمات أولية ، وإنما يجب أن تكون حالات من اتحاد لجسيمات أخرى سميت بالكواركات . ويبدو أن لهذه الجسيمات خاصية عجيبة ، هى أنها وإن كانت تستطيع الحركة بحرية إلى حد ما داخل الهدرون ، إلا أنه يبدو أن من المستحيل الحصول على كوارك واحد فحسب مستقل بذاته ، فهى دائما تكون فى مجموعات من ثلاثة (كما فى البروتون أو النيوترون) أو تكون فى أزواج تتكون من كوارك ومضاد كوارك (مثل الباى ميزون) . ولتفسير ذلك ، أضفى على الكواركات خاصة تسمى اللون . ويجب التأكيد على أن هذا ليس له علاقة لإحساسنا الطبيعى بالضوء ، فالكواركات أصغر جدا من أن ترى بالضوء المرئى . فهذا مجرد اسم مناسب ، والفكرة هى أن الكواركات تكون فى ثلاثة ألوان – أحمر وأخضر وأزرق – إلا أن كل حالة وحدها من حالات اتحادها كهدرون مثلا ، ينبغى أن تكون غير ملونة ، فهى إما أن تكون توليفة من الأحمر والأخضر والأزرق كما فى البروتون أو مزيجا من الأحمر ومضاد الأحمر ، والأخضر ومضاد الأخضر ، والأزرق ومضاد الأزرق كما فى الباى ميزون .

والتفاعلات القوية ما بين الكواركات يفترض أنها محمولة

بجسيمات من لف – ١ تسمى جلونات ، وهى تشبه نوعا الجسيمات التى تحمل التفاعل الضعيف ، والجلونات أيضا تحمل لونا ، وهى والكواركات تخضع لنظرية إعادة تطبيع تسمى الديناميات اللونية للكم ، Quantum Chromodynamics أو هى ما يختصر إلى QCD . وإحدى نتائج عملية إعادة التطبيع ان ثابت التقارن الفعال للنظرية يعتمد على الطاقة التى يقاس عندها وينخفض إلى الصفر عند الطاقات العالية جدا . وهذه الظاهرة تعرف بالحرية التقريبية . ويعنى هذا أن الكواركات التى فى داخل أحد الهدرونات تسلك تقريبا مثل جسيمات حرة فى تصادم بطاقة عالية بحيث أن تفاعلاتها يمكن تناولها بنجاح باستخدام نظرية الاضطراب Per-turbation . وتنبؤات نظرية الاضطراب تتفق كيفيا اتفاقا معقولا مع المشاهدات ، ولكن المرء لا يستطيع حقا أن يزعم أن النظرية قد تم التحقق منها تجريبيا . وعند الطاقات المنخفضة يصبح ثابت التقارن الفعال كبيرا جدا وتنهار نظرية الاضطراب . ومن المأمول أن هذه « العبودية تحت الحمراء » سوف تفسر لماذا تكون الكواركات دائما مقيدة فى حالات اتحاد لا لون لها ، ولكن حتى الآن لم يتمكن أحد من البرهنة على ذلك بما هو مقنع حقا .

وبالوصول إلى نظرية إعادة تطبيع للتفاعلات القوية ونظرية أخرى للتفاعلات الضعيفة مع الكهرومغنطية ، كان من الطبيعى أن

يبدأ البحث عن نظرية تجمع النظريتين معا ، وقد أعطيت النظريات التى من هذا النوع عنوانا فيه بعض مبالغة هو النظريات الموحدة الكبرى GUTS . وهذا فيه ما يضلل نوعا لأن النظريات لا هى بالكبرى على هذا النحو ولا هى موحدة توحيدا كاملا ، بل ولا هى نظريات كاملة حيث أنها لها عدد من معلمات إعادة التطبيع غير المتحددة مثل ثوابت التقارن والكتل . ومع ذلك فإنها قد تكون خطوة ذات دلالة نحو نظرية موحدة كاملة . والفكرة الأساسية هى أن ثابت التقارن الفعال للتفاعلات القوية ، والذى يكون كبيرا عند الطاقات المنخفضة ، لايلبث أن يتناقص تدريجيا عند الطاقة العالية بسبب الحرية التقريبية . ومن الناحية الأخرى ، فإن ثابت التقارن الفعال لنظرية سلام - وينبرج ، والذى يكون صغيرا عند الطاقات المنخفضة ، لا يلبث أن يتزايد تدريجيا عند الطاقات العالية لأن هذه النظرية ليست ذات حرية تقريبية ، وإذا قمنا بعملية استقراء لمعدل زيادة ونقص ثابتى التقارن بالطاقة المنخفضة ، سنجد ان ثابتى التقارن يصبحان متساويان عند طاقة تبلغ حوالى $١٠^{١٥}$ جى فى . وتفترض النظريات أنه عند الطاقة الأعلى من ذلك تتوحد التفاعلات القوية مع التفاعلات الضعيفة والكهرومغنطية ، أما عند الطاقة الأقل فإنه يكون هناك كسر تلقائى للسمترية .

والطاقة التى بقدر $١٠^{١٥}$ جى فى هى كبيرة تماما بما يتجاوز

مجال أى تجربة عملية : فالجيل الحالى من معجلات الجسيمات يستطيع أن ينتج طاقات مركز - كتلة تقرب من ١٠ جى فى ، والجيل التالى سينتج طاقات من ١٠٠ جى فى أو ما يقرب . وهذا يكفى فقط لاستقصاء مدى الطاقة الذى ينبغى أن تتوحد عندها فيه القوى الكهرومغنطية مع القوى الضعيفة حسب نظرية سلام - وينبرج ، ولكنه لا يكفى لاستقصاء الطاقة العالية الهائلة التى يُتنبأ بأن تفاعلات القوى الضعيفة والكهرومغنطية تتوحد مع التفاعلات القوية ، ومع ذلك فثمة تنبؤات ممكنة عند الطاقة المخفضة فيما يتعلق بالنظريات الموحدة الكبرى يمكن اختبارها فى المعمل . وكمثل ، تتنبأ النظريات بأن البروتون ينبغى ألا يكون مستقرا بالكامل ، وإنما يجب أن يتحلل بمدى حياة يصل إلى قرابة $١٠^{٣١}$ من الأعوام . وحاليا ، فإن الحد التجريبى الأدنى بالنسبة لمدى الحياة هو ما يقرب من $١٠^{٣٠}$ من الأعوام ، ومن الممكن فيما ينبغى أن يتم تحسين ذلك .

وهناك تنبؤ آخر قابل للرصد وهو يختص بنسبة الباريونات إلى الفوتونات فى الكون . وقوانين الطبيعة يبدو أنها هى نفسها سواء بالنسبة للجسيمات أو مضادات الجسيمات ، أو بصورة أدق فإنها تكون هى نفسها لو وضعنا مضادات الجسيمات مكان الجسيمات ، ووضعنا ما على الجانب الأيسر مكان ما على الجانب الأيمن ،

وعكسنا سرعات كل الجسيمات . ويعرف هذا بنظرية CPT ، وهى نظرية تترتب على فروض أساسية ينبغى أن تصح فى أى نظرية معقولة . إلا أن الأرض بل وكل النظام الشمسى مصنوعان من بروتونات ونيوترونات بدون أى من مضادات البروتونات أو مضادات النيوترونات . والحقيقة أن عدم التوازن هكذا بين الجسيمات ومضادات الجسيمات إنما هو شرط بديهى آخر لوجودنا ، ذلك أنه لو كان النظام الشمسى يتآلف من خليط متساو من الجسيمات ومضادات الجسيمات ، فإنها كلها سيفنى أحدها الآخر مخلفة إشعاعا فحسب ، ويمكننا أن نستنتج مما نلحظه من غياب اشعاع فناء كهذا أن مجرتنا مصنوعة بالكلية من جسيمات وليس مضادات جسيمات ، وليس لدينا أى دليل مباشر عن حالة المجرات الأخرى ، ولكن يبدو أن من المحتمل أنها تتآلف من جسيمات وأنه يوجد فى الكون ككل عدد من الجسيمات يفوق عدد مضادات الجسيمات بما يقرب من جسيم لكل ١٠^٨ من الفوتونات ، ويمكن للمرء أن يحاول تفسير ذلك باستخدام المبدأ الإنسانى ، على أن النظريات الموحدة الكبرى توفر بالفعل آلية ممكنة لتفسير عدم التوازن هذا . ورغم أنه يبدو أن كل التفاعلات تكون ثابتة فى توليفة من « C » (وضع مضادات الجسيمات مكان الجسيمات) ، و « P » (تبديل ما فى الجانب الأيمن بما فى الجانب الأيسر) ، و« T » (أن يعكس اتجاه الزمان) ، إلا أنه مازات هناك تفاعلات معروف أنها ليست ثابتة فى

« T » وحدها ، وفى الكون المبكر ، الذى يكون فيه سهم زمان جد ملحوظ بسبب التمدد ، فإن هذه التفاعلات يمكنها أن تنتج جسيمات أكثر من مضادات الجسيمات . إلا أن العدد الذى تنتجه يعتمد بالكلية على النموذج المستخدم ، بحيث أن الاتفاق مع المشاهدات يكاد لا يكون فيه أى إثبات للنظريات الموحدة الكبرى .

وحتى الآن فإن معظم الجهود قد كرست لتوحيد الصنوف الثلاثة الأولى من التفاعلات الفيزيائية ، أى القوى النووية القوية والضعيفة والكهرومغنطية ، والقوة الرابعة والأخيرة ، أى الجاذبية ، قد تم إهمالها ، وأحد مبررات ذلك هو أن الجاذبية على درجة من الضعف بحيث أن تأثيرات الكم الجذبوية لا تكون كبيرة إلا عند طاقات للجسيمات تتجاوز كثيرا تلك التى فى أى معجل للجسيمات . وهناك مبرر آخر هو أن الجاذبية لا تبدو قابلة للتطبيع : فحتى يمكن الحصول على إجابات متناهية يبدو أن يجب على المرء أن يجرى عددا لا متنـــاهيا من عمليات طرح اللامتناهى مع ما يناظر ذلك من عدد لا متناه من بواقى طرح متناهية غير متحددة ، ومع ذلك فإنه للحصول على نظرية موحدة كاملة لابد للمرء من أن يضمّن فيها الجاذبية ، وفوق ذلك فإن نظرية النسبية العامة الكلاسيكية تتنبأ بأنه ينبغى أن يكون هناك مفردات للمكان – الزمان يكون مجال الجاذبية عندها قويا قوة لا متناهية . وهذه المفردات حدثت فى الماضى عند بداية التمدد الحالى للكون (الانفجار الكبير) وتحدث فى المستقبل

عند تقلص النجوم جذبويا ، وربما تقلص الكون نفسه جذبويا . وفيما يفترض ، فإن التنبؤ بالمفردات يدل على أن النظرية الكلاسيكية مآلها إلى الانهيار . على أنه يبدو أنه لا يوجد أى سبب لأنهيارها قبل أن يصبح مجال الجاذبية قويا قوة كافية بحيث تكون تأثيرات الكم الجذبوية أمرا له أهميته . وهكذا فإن نظرية كم للجاذبية هى أمر ضرورى إذا كان علينا أن نوصّف الكون المبكر وأن نعطى بعض تفسير للظروف الابتدائية بما يتجاوز مجرد استدعاء المبدأ الإنسانى .

ونظرية كهذه مطلوبة أيضا إذا كان علينا أن نجيب عن السؤال التالى ، هل للزمان حقا بداية وهل له فيما يحتمل أيضا نهاية ، كما تتنبأ به النسبية العامة الكلاسيكية ، أو أن المفردات فى الانفجار الكبير والانسحاق الكبير قد بُسِطت على نحو ما بتأثيرات من الكم ؟ وهذا سؤال أصعب من أن يُعطى له معنى محدد تحديدا جيدا ، بينما ذات بنيان المكان والزمان نفسيهما هما عرضة لمبدأ عدم اليقين ، وإحساسي الخاص هو أن المفردات هى فيما يحتمل مازالت موجودة ، وإن كان المرء يستطيع أن يواصل العودة فى الزمان بما يتجاوزها بمعنى ما رياضيا . وعلى كل فإن أى مفهوم ذاتى للزمان يتعلق بالوعى أو القدرة على إجراء قياسات مآله إلى إنتهاء .

ماذا نتوقع أن يترتب على الحصول على نظرية كم للجاذبية وعلى توحيدها مع صنوف التفاعلات الثلاثة الأخرى ؟ يبدو أن أفضل ما نأمله يكمن فى توسيع للنسبية العامة يسمى الجاذبية الفـائقة ، وفى هذه النظـرية فإن الجرافيتون ، وهو جسيم من لف – ٢ ، والذى يحمل التفاعل الجذبوى ، يكون على علاقة بعدد من المجالات الأخرى ذات اللف الأصغر ، وذلك عن طريق ما يسمى تحولات السمترية الفائقة . وهذه النظرية لها جدارتها الكبرى فى أنها تتخلص من ثنائية الانقسام القديمة بين المادة التى تمثلها جسيمات من لف نصف كامل ، والتفاعلات التى تمثلها جسيمات من لف كامل ، وهى أيضا ذات مزية عظيمة فى أن الكثير من اللامتناهيات التى تنشأ عن نظرية الكم يلغى أحدها الآخر فى هذه النظرية . ولا يعرف بعد هل ستُلغَى كلها بحيث ينتج نظرية متناهية دون أى عمليات لطرح اللامتناهيات أم أن ذلك لا يحدث . ومن المأمول أن يحدث ذلك لأن من الممكن إظهار أن النظريات التى تتضمن الجاذبية هى متناهية أو غير قابلة للتطبيع ؛ بمعنى أنه لو كان على المرء أن يجرى أى عمليات لطرح اللامتناهيات ، فسيكون عليه أن يجرى منهـا عددا لامتنـاهيا مع ما ينـاظر ذلك من عـدد لا متناه من بواقى الطرح غير المحددة . وهكذا ، لو ثبت فى النهاية أن كل لامتناهيات الجاذبية الفائقة يلغى أحدها الآخر ، فإنه يمكن أن يصبح لدينا نظرية لا تقتصر على أن توحد كل جسيمات

وتفاعلات المادة ، وإنما هى أيضا نظرية كاملة بمعنى أن ليس فيها أى من معلمات إعادة التطبيع غير المحددة .

ورغم أننا ليس لدينا بعد نظرية ملائمة من كم للجاذبية ، دع عنك أن يكون لدينا نظرية توحدها مع التفاعلات الفيزيائية الأخرى ، إلا أننا لدينا فكرة عن بعض الملامح التى ينبغى أن تكون فى هذه النظرية ، وأحد هذه الملامح مرتبط بحقيقة أن الجاذبية تؤثر فى بنيان السببية للمكان - الزمان ؛ بمعنى أن الجاذبية تحدد أى الأحداث يمكن أن تكون على علاقة سببية أحدها بالآخر . وكمثل لهذا فى نظرية النسبية العامة الكلاسيكية ، المثل الذى يمدنا به الثقب الأسود ، وهو منطقة من المكان - الزمان حيث مجال الجاذبية جد قوى حتى أن أى ضوء أو إشارة أخرى ينشدّ وراءً لداخل المنطقة ولا يستطيع الهروب إلى العالم الخارجى . ومجال الجاذبية المكثف بالقرب من الثقب الأسود يسبب خلق أزواج من الجسيمات ومضادات الجسيمات ، ويهوى واحد منها لداخل الثقب الأسود بينما يفر الآخر إلى المالا نهاية ، والجسيم الذى يفر يبدو وكأنه قد تم بثه بواسطة الثقب الأسود . وإذا كان هناك راصد على مسافة من الثقب الأسود فإنه سيتمكن فقط من قياس الجسيمات المنطلقة للخارج ، ولا يستطيع الربط بينها وبين الجسيمات التى هوت فى داخل الثقب لأنه لا يستطيع رصدها . ويعنى هذا أن

الجسيمات المنطلقة للخارج لها درجة إضافية من العشوائية أو عدم قابلية التنبؤ ، بما يتجاوز ويفوق الدرجة التى تصاحب عادة مبدأ عدم اليقين . وفى الأوضاع الطبيعية فإن مبدأ عدم اليقين يعنى أن المرء يستطيع أن يتنبأ على وجه التحديد « إما » بموضع الجسيم « أو » بسرعته « أو » بتوليفة من الموضع والسرعة ، وهكذا فإن قدرة المرء على القيام بتنبؤات محددة تهبط على وجه التقريب للنصف .إلا أنه فى حالة الجسيمات التى يبثها الثقب الأسود ، فإن حقيقة أننا لا نستطيع رصد ما يجرى فى الداخل من الثقب الأسود تعنى أننا لا نستطيع التنبؤ « لا » بمواضع « ولا » بسرعات الجسيمات التى تبث ، وكل ما يمكن أن نعطيه هو احتمالات عن أن الجسيمات سيتم بثها بأسلوب معين .

وهكذا ، فإنه يبدو أننا حتى لو وجدنا نظرية موحدة فربما سيمكننا فحسب أن نقوم بتنبؤات إحصائية . وسيكون علينا أيضا أن ننبذ الرأى بأن هناك كونا وحيداً هو الذى نرصده . وبدلا من ذلك سيكون علينا أن نتخذ صورة يوجد فيها تجمع من كل أنوا ع الكون الممكنة مع بعض توزيع للاحتمالات . وقد يفسر هذا سبب أن الكون قد بدأ فى الانفجار الكبير وهو تقريبا فى اتزان حرارى كامل ، ذلك أن الاتزان الحرارى يناظره وجود أكبر عدد من التشكيلات الميكروسكوبية وبالتالى أكبر عدد من الاحتمالات . وفى ترديد لما

قاله بانجلوس ، فيلسوف فولتير « إننا نعيش فى عالم هو الأكثر احتمالا من بين كل العوالم الممكنة » .

ما هى التوقعات فيما يتعلق بعثـورنا على نظرية موحدة كاملة فى مستقبل ليس بالبعيد جدا ؟ فى كل مرة نوسع فيها مشاهداتنا عن الأشياء ذات المقاس الأصغر والطاقة الأكبر ، فإننا نكتشف طبقات جديدة من البنيان . ففى بداية القرن ، كان اكتشاف الحركة البراونية لجسيم طاقة نموذجى من ٣×١٠^{-٢} الكترون فولت ، وقد بين لنا هذا الاكتشـاف أن المادة ليسـت متصلة ولكنها مصنوعة من ذرات ،، وبعد هذا بزمن وجيز تم اكتشاف أن هذه الذرات التى كان يفترض عدم قابليتها للانقسام إنما هى مصـنوعة من الالكترون تدور من حول نواة بطاقات تقدر بعدد معدود من وحدات الالكترون فولت . ثم وجد أن النـواة بدورها تتـآلف مما زعم أنه جسيمات أولية ، هى البروتونات والنيوترونات ، التى تتماسك معا بروابط نووية تقدر بـ $١٠^{٦}$ الكترون فولت . وآخر حدث فى هذه القصة هو أننا قد وجدنا أن البروتون والنيوترون مصنوعان من كواركات تتماسك معا بروابط تقدر بـ $١٠^{٩}$ الكترون فولت . وكضريبة عن مدى ماتقدمنا به فعلا فى الفيزياء النظرية أصبح الأمر يتطلب الآن ماكينات هائلة وقدرا عظيما من المال لأداء تجربة لا يمكننا التنبؤ بنتائجها .

وقد يكون فى خبرتنا الماضية مايطرح أن هناك تعاقبا لا نهائيا

من طبقات البنيان عند الطاقات الأعلى والأعلى . والحقيقة أن نظرة كهذه عن ارتداد لا ينتهى من صناديق توجد من داخل صناديق كان هو الدوجما الرسمية فى الصين تحت حكم عصابة الأربعة . على أنه يبدو أن الجاذبية ينبغى أن تمد بحد لذلك ولكن هذا لا يكون إلا عند مقياس طوله صغير جدا هو $١٠^{-٣٣}$ من السنتيمتر أو عند طاقة عالية جدا من $١٠^{٢٨}$ الكترون فولت . أما عند مقاييس الأطوال الأصغر من ذلك ، فإن المرء ليتوقع أن يتوقف المكان – الزمان عن السلوك كمتصل سلس وأنه سيكتسب بنيانا يشبه الزبَد بسبب التراوحات الكمية لمجال الجاذبية .

وهناك منطقة كبيرة جدا لم يتم استكشافها هى ما بين الحد التجريبى الحالى عندنا وهو ما يقرب من $١٠^{١٠}$ الكترون فولت ، وبين توقف الجاذبية عن العمل عند $١٠^{٢٨}$ الكترون فولت ، وقد يبدو من السذاجة أن نفترض ، بمثل ما تفترضه النظريات الموحدة الكبرى ، أن هناك فحسب طبقة أو طبقتين من البنيان فى هذه الفترة الفاصلة الهائلة . على أن هناك أسساً للتفاؤل ؛ فيبدو فى هذه اللحظة على الأقل أنه يمكن توحيد الجاذبية مع التفاعلات الفيزيائية الأخرى ولكن هذا يتم فقط فى نظرية ما للجاذبية الفائقة ، ويبدو أن هناك فقط عددا محددا من مثل هذه النظريات . وهناك بالذات أكبر نظرية من هذا النوع ، وهى ما يسمى ن (N) = ٨ عن الجاذبية الفائقة الموسعة . وهى تحوى جرافيتوناً واحدا ،

وثمانية جسيمات تدعى جرافيتينو من لف $-\frac{3}{2}$ ، وثمانية وعشرين جسيما من لف – ١ ، وستة وخمسين جسيما من لف $-\frac{1}{2}$ ، وسبعين جسيما من لف صفر . ورغم كبر هذه الأرقام إلا أنها ليست كبيرة بما يكفى لتفسير كل الجسيمات التى يبدو أننا نرصدها فى التفاعلات القوية والضعيفة . وكمثل فإن نظرية ن = ٨ فيها ثمانية وعشرين جسيما من لف – ١ ، وهذه كافية لتفسير الجلونات التى تحمل التفاعلات القوية ، ولتفسير جسيمين من الجسيمات الأربعة التى تحمل القوة الضعيفة ، ولكنها لا تفسر الجسـيـمين الآخرين منها ، وهكذا فإن على المرء أن يؤمن بأن كثيرا من الجسيمات المرصودة أو أغلب هذه الجسيمات من مثل الجلونات والكواركات ، هى ليست فى الحقيقة جسيمات أولية كما تبدو فى وقتنا هذا ، وإنما هى حالات من اتحاد للجسيمات الأساسية لنظرية ن = ٨ . ومن غير المحتمل أن سيكون لدينا معجلات قوية بما يكفى لسبر هذه البنيانات المركبة فى المستقبل المنظور ، بل ولا حتى للأبد ، خاصة إذا وضعنا رأينا على أساس من الاتجاهات الاقتصادية الحالية . ومع كل ، فإن حقيقة أن حالات الاتحاد هذه قد نشأت عن نظرية ن = ٨ وهى النظرية المحددة تحديدا جيدا ، هذه الحقيقة ينبغى أن تمكننا من القيام بعدد من التنبؤات التى يمكن اختبارها عند طاقات متاحة لنا الآن أو ستكون متاحة فى المستقبل القريب ، والموقف

هكذا قد يكون مشابها للموقف بالنسبة لنظرية سلام - وينبرج التى توحد التفاعلات الكهرومغنطية والضعيفة . فتنبؤات هذه النظرية عند الطاقات المنخفضة تتفق على نحو جيد مع المشاهدات بحيث أن النظرية تعد الآن مقبولة بعامة حتى رغم أننا نتوصل بعد للطاقة التى ينبغى أن يحدث التوحيد عندها .

والنظرية التى توصف الكون ينبغى أن يكون فيها شئ متميز جدا . فلماذا تصبح هذه النظرية حية بينما النظريات الأخرى لا توجد إلا فى ذهن مبتكريها ؟ ونظرية ن = ٨ عن الجاذبية الفائقة فيها بالفعل بعض ما يؤدى للزعم أنها نظرية خاصة ، ويبدو أنها قد تكون النظرية الوحيدة التى هى :

١ - نظرية بالأبعاد الأربعة .

٢ - تشمل الجاذبية

٣ - نظرية متناهية دون أى عمليات من طرح لامتناهيات .

وقد سبق أن بينت أن الخاصية الثالثة ضرورية إذا كان علينا أن نحصل على نظرية كاملة دون معلمات . على أن من الصعب تفسير الخاصتين ١ ، ٢ دون استدعاء المبدأ الإنسانى . ويبدو أن هناك نظرية متماسكة تفى بالخاصتين ١ ، ٣ ولكنها لا تشمل الجاذبية . وعلى كل ، ففى كون كهذا ، يكون من المحتمل أن هذا ليس فيه الكفاية لأن تقوم قوى الجاذبية بتجميع المادة معا فى التكتلات

الكبيرة التى هى فيما يحتمل ضرورية لنشأة البنيانات المعقدة . والسبب فى أنه ينبغى أن يكون للمكان - الزمان أربعة أبعاد لهو مسألة تعد طبيعيا خارج مجال الفيزياء . على أن هناك حجة قوية لذلك فى المبدأ الإنسانى أيضا . فمن الواضح أن أبعادا ثلاثة للمكان - الزمان - أى بعدين للمكان وبعد واحد للزمن - لهى غير كافية بالنسبة لأى كائن معقد . ومن الناحية الأخرى ، فلو كان هناك أكثر من ثلاثة أبعاد مكانية ، فإن مدارات الكواكب حول الشمس أو الالكترنات حول النواة ستكون غير مستقرة بما يجعلها تتجه لولبيا نحو الداخل . ولا يبقى إلا إمكانية وجود أكثر من بعد واحد للزمان ، ولكنى واحد ممن يجدون أن من الصعب جدا تخيل كون من هذا النوع .

وحتى الآن فقد افترضت ضمنيا أن هناك نظرية نهائية ، ولكن هل توجد هذه النظرية ؟ هناك على الأقل ثلاثة احتمالات :

١ - توجد نظرية موحدة كاملة .

٢ - لا توجد نظرية نهائية ، ولكن هناك تعاقب لا نهائى للنظريات هو بحيث أنه يمكن التنبؤ بأى نوع معين من المشاهدات باتخاذ النظرية التى تكون على البعد الكافى من السلسلة .

٣ - لا توجد نظرية ، والمشاهدات لا يمكن توصيفها أو التنبؤ بها بما يتجاوز نقطة معينة ، ولكنها فحسب تعسفية .

والنظرة الثالثة قد طرحت كحجة ضد علماء القرن السابع عشر والثامن عشر . « كيف يمكنهم أن يصوغوا قوانين تحد من حرية الله فى أن يغير رأيه ؟ » ومع ذلك فقد فعلوها ونجوا بأنفسهم . وفى العصور الحديثة تمكنا من إزالة الإمكانية الثالثة على نحو فعال بأن أدخلناها داخل خطتنا : فميكانيكا الكم هى فى الجوهر نظرية لما لا نعرفه ولا يمكننا التنبؤ به .

والإمكانية الثانية تصل إلى صورة من تعاقب لا نهائى للبنيانات عند الطاقات الأعلى والأعلى . وكما قلت من قبل فإن هذا يبدو من غير المحتمل لأن المرء يتوقع أن سيكون ثمة توقف عند طاقة بلانك التى تبلغ $١٠^{٢٨}$ الكترون فولت . وهذا يتركنا مع الاحتمال الأول ، وفى وقتنا هذا فإن نظرية ن = ٨ للجاذبية الفائقة هى المرشح الوحيد الذى يمكن رؤيته . ومن المحتمل أن سيكون هناك عدد من الحسابات الحرجة خلال السنوات القليلة التالية فيها الإمكانية لأن تبين أن النظرية ليست صالحة . أما إذا تم للنظرية البقاء بعد هذه الإختبارات ، فمن المحتمل أنه قبل مرور عدة أعوام أخرى سوف ننمى مناهج حسابية تمكننا من القيام بتنبؤات فنستطيع تفسير ظروف ابتداء الكون كما نستطيع أيضا تفسيرالقوانين الفيزيائية الموضعية . وستكون هذه هى المشاكل البارزة لدى الفيزيائيين النظريين خلال الأعوام العشرين القادمة أو ما يقرب . على أنى

سأنتهى بملاحظة فيها ما ينذر بعض الشئ ، فلعل هؤلاء الفيـزيائيين النظريين لن يكون لديهم من الوقت ما يزيد عن ذلك كثيرا . ففى الوقت الحالى نجد أن الكمبيوترات هى أداة بحث مفيدة ، ولكنها يجب أن توجه بالعقول البشرية . ولكن لو أننا استقرأنا الأمور من المعدل السريع لنمو الكمبيوترات أخيراً ، فإنه ليبدو أن من جد المحتمل أنها ستهيمن كل الهيمنة على الفيزياء النظرية ، وهكذا فلعل النهاية وشيكة بالنسبة للفيزيائيين النظريين إن لم تكن بالنسبة للفيزياء النظرية .

معجم

عجلـــة الســرعة : المعـدل الذى تتغيـر به ســـرعة الشـــىء

Acceleration

العزم الزاوى Angular momentam

المبدأ الانسانى : Anthtopic principle

نحن نرى الكون بما هو عليه لأنه لو كان مختلفا لما كنا هنا لنرقبه

مضاد الجسيم (ضد يد) : Antiparticle

كل نوع من جسيمات المادة له مضاد جسيم مناظر له ، ولو اصطدما فإنهما يفنيان ولا يتخلف إلا طاقة .

حرية تقريبية . Asymptomatic Freedam

الذرة : Atom

الوحدة الأساسية للمادة العادية ، وتتكون من نواة (من البروتونات والنيوترونات) محاطة بالكترونات تدور من حولها .

باريون : Baryon

جسيم من الجسيمات الأولية للمادة كتلته تساوى كتلة البروتون أو تزيد عليها .

وهو من الهادرونات . (أنظر Hadrons).

الانفجار الكبير : Big bang

المفردة التى عند بدء الكون ، وهى عند هوكنج بدء الزمان والمكان .

الانسحاق الكبير : Big Crunch

المفردة التى عند نهاية الكون بالتقلص .

ثقب أسود : BLack Hole

منطقة فى الزمان – المكان لا يستطيع أى شىء أن يهرب منها، ولا حتى الضوء ، لأن الجاذبية عندها قوية جدا .

نظرية الفقاعة : Bubble Theory

نظرية بأن الكون يبدأ كفقاعة تنتفخ متمددة مثل البالونة .

مسعّر : Calorimete

جهاز لقياس الطاقة

مركز الكتلة : Center - of - mass

نقطة يفترض أن تتمركز فيها كتلة الجسم ، ومن ثم يكون مجموع عزوم عناصر كتلته حولها مساويا صفرا .

ميكانيكا المجال المتصل Con tinuum mechanics

الثابت الكونى : Cosmological Constant

حيلة رياضية استخدمها إينشتين ليضفى على المكان – الزمان نزعة للاستقرار ، ليعارض ما ظهر من نظريات بأن الكون ينزع إلى التمـــدد ، وهى نظـــريات ظهرت كنتيجة لنظـــرية النسبية العـامة لاينشتين !

علم الكونيات : Cosmoloyy

دراسة الكون ككل .

ثابت التقارن : Coupling constant

ثابت يعبر عن شدة تقارن معين .

درجة الحرية DEgree of freedam

ذرة ثنائية البروتون . Diproton atom

القوة الكهرومغناطيسية (أو الكهرومغنطية) :

Electro magnetic force

قوة تنشأ بين الجسيمات ذات الشحنة الكهربائية . وهى ثانى أقوى قوة من القوى الأربع الأساسية . وهى التى تبقى على الالكترونات فى مدارها حول النواة ، وتجعل الذرات تبدو جامدة . وهى أيضا المسئولة عن موجات الراديو (اللاسلكى) والضوء .

الكترون : جسيم له شحنة كهربائية سالبة ، ويدور حول نواة الذرة Electron

جسيم أولى : Elementary Particle

جسيم يعتقد أنه لا يمكن انقسامه لما هو أصغر .

انتروبيا : Entropy

نظرية بأن ترتيب جزيئات المادة يميل دائما إلى التغير من الانتظام إلى ما هو أكثر اضطرابا وفوضى ، بما يظهر كزيادة فى

الانتروبيا . والانتروبيا لها كمية رياضية متداولة فى علم الديناميكا الحرارية وتساوى $\frac{\text{ءح}}{\text{ت}}$ و حيث ءح هى كمية الحرارة التى تكتسب أو تفقد ، وت درجة الحرارة المطلقة التى يحدث عندها ذلك .

حدث : Event

نقطة فى المكان – الزمان تتعين بزمانها ومكانها .

أفق الحدث : Event horizon

حد الثقب الأسود .

مبدأ الاستبعاد (لباولى) : Exclusion principle

لا يمكن لجسيمين متماثلين من لف نصف أن يكون لهما معا نفس الموضوع ونفس السرعة (فى الحدود التى يفرضها مبدأ عدم اليقين) .

استقراء : Exctra polation

أن يُستنتج من سلسلة من الملاحظات تطورات محتملة الوقوع وإن كانت غير ملحوظة .

فراغ زائف : False vacaum

حسب نظرية نشأة الكون بالفقاعات فإن هناك مناطق يحدث لها أن تبرد تبريدا فائقا فيصبح لها خاصية الفراغ الزائف التى تسمح لها بشد الطاقة من مجال الجاذبية الذى يحيط بها ، وهكذا تتفجر فى فقاعات مصير كل منها أن تصبح كونا .

مجال : Field

شيء يوجد خلال كل المكان والزمان ، وذلك فى مقابلة مع الجسيم الذى لا يوجد إلا عند نقطة واحدة فى الوقت الواحد .

أشعة جاما : Gamma Rays

موجات كهرومغنطية طولها قصير جدا وتنتج عن التحلل الاشعاعى أو عن اصطدامات بين الجسيمات الأولية .

النسبية العامة : General relativity

نظرية إينشتين المؤسسة على فكرة أن قوانين العلم ينبغى أن تكون متماثلة بالنسبة لكل القائمين بالملاحظة ، بصرف النظر عن كيفية تحركهم ، وهى تفسر قوة الجاذبية بحدود من انحناء المكان – الزمان ذى الأبعاد الأربعة .

جلون : Gluon

جسيم حامل للقوة (بوزون) وهو المسئول عن القوة النووية التى تمسك الكواركات معا داخل البروتونات والنيوترونات فى الذرة وهو جسيم من لف (١-) .

نظرية موحدة كبرى : Grand umified theory .(GUT)

نظرية لتوحيد القوى الكهرومغنطية ، والقوية ، والضعيفة ، أى أنها لاتشمل القوة الرابعة فى الكون وهى الجاذبية .

جرافيتون : Graviton

جسيم ناقل للقوة (بوزون) من لف (٢-) وهو مسئول عن نقل

قوة الجاذبية أضعف القوى الأربع الأساسية ، ولم يتم الكشف عنه بعد ، ولكنه نظريا هو الذى يسبب الجاذبية .

هلدرونات : Hadrons

مجموعة من الجسميات الأولية شديدة التفاعل مع الجسيمات الأخرى ، وهى تتكون من الكواركات وتشمل الميزونات والباريونات .

كون موحد الخواص Isotropic universe

لبتونات : Leptons

جسيمات تحت ذرية (أصغر من الذرة) تشمل الالكترون والنيوترينو والتاو والميون وكل الجسيمات التى توجد خارج نواة الذرة هى من اللبتونات

مدى حياة ، عمر . Life time

فيزياء موضعية Local physics

الكتلة : Mass

كمية المادة فى جسم ما ، أو قصوره الذاتى ، أو مقاومته لعجلة السرعة .

قطب مغناطيسى أحادى Magnetic monopole

اشعاع الخلفية الميكروويفية :Micro background radiation

اشعاع من توهج الكون المبكر الساخن ، ينزاح الآن إزاحة حمراء كبيرة بحيث لا يبدو كضوء ، وإنما يبدو كموجات ميكروويف (موجات راديو طول الموجة منها سنتيمترات معدودة) .

بيولوجيا جزيئية Molecul ar biology

البحث في علم الأحياء على مستوى الجزيئات الكيميائية .

ميون : Muon

نوع من اللبتونات أى الجسيمات التى خارج النواة

نكليدة (نويدة) : Nuclide

اسم يطلق على الذرة متى تحددت نواتها بعدد ما تحتويه من البروتونات والنيوترونات وما يكفى فيها من الطاقة .

النواة : Nucleus

الجزء المركزى للذرة ، ويتكون فقط من البروتونات والنيوترونات، التى تتماسك معا بالقوة القوية . والبروتونات والنيوترونات هى بدورها تتكون من الكواركات .

نيوكلونات : Nucleons

جسيمات نواة الذرة أى البروتونات والنيوترونات التى تتكون من كواركات

نيوترينو : Neutirno

جسيم أولى للمادة خفيف للغاية (بلا كتلة فيما يحتمل) لا يتأثر إلا بالقوة الضعيفة والجاذبية . وهو ينبعث عند انطلاق جسيم بيتا من بعض العناصر الاشعاعية ، ولفة $\frac{١}{٢}$.

نيوترون : Neutron

جسيم بلا شحنة ، مشابه جدا للبروتون ، ومسئول فى أغلب الذرات عما يقارب نصف جسيمات النواة .

نجم نيوتروني : Neturon star

نجم بارد ، يقوم على التنافر بين النيوترونات حسب مبدأ الاستبعاد . وهو ينتج عن تقلص النجوم لنفاذ وقودها النووى .

معلمة Parameter

باراسيكولوجي : Parapsychology

فرع من العلوم النفسية يبحث فى التخاطر (Teleparhy) وما أشبه .

نظرية الاضطراب Perturbation theory

ضوء كهربية (كهرضوئية) Phoroelectric

فوتون : Photon

جسيم بلا كتلة هو فى خارج الذرة يكون الضوء أى أنه كم ضوء . وهو المسئول عن نقل القوة الكهرومغنطية .

بوزيترون : Positron

مضاد الجسيم للاكترون وهو موجب الشحنة .

حساء أولى : Primordiql soup

حالة من حالات الكون بعد الانفجار الكبير .

بروتون : Proton

جسيم فى النواة ذو شحنة موجبة ويتكون من الكواركات . والبروتونات تكون بالتقريب نصف جسيمات النواة فى معظم الذرات .

نابضات : Pulsars

أحد النهايات المحتملة عند تقلص أحد النجوم لنفاذ وقوده الذرى . وهى نجوم الكترونية سريعة الدوران ، قطرها لا يزيد عن عشرة أميال ، ولكن كتلتها تقارب كتلة الشمس .

الـكم : Quantum

وحدة لا تنقسم هى التى يمكن أن تبعث بها الموجات أو تمتص .

الديناميات اللونية للكم Quantum chromodynamics (QCD)

تراوحات كمية Quantum fluctuations

ميكانيكا الكم : Quantum mechanics

النظرية التى نشـــأت عن مبدأ الكم لبــلانك ومبدأ عدم اليقين لهايزنبرج ، وهى نظرية فيزيائية رياضية عن المادة والاشعاع الكهرومغنطى والتفاعل بينهما .

كوارك (كواركات) : Quark(s)

جسيم أولى مشحون يحس بالقوة النووية القوية . والبروتونات والنيوترنات يتكون كل منها من ثلاثة كواركات .

أجرام سحيقة : Quasars

الأجرام السماوية فائقة البعد فيما وراء المجرة .

اشعاع الخلفية Radiotion background

نشاط اشعاعى : Radio activity

التحلل التلقائى لأحد أنواع النوى الذرية إلى نوع آخر .

إزاحة حمراء : Red shift

أحمرار الضوء من أحد النجوم التى تتحرك مبتعدة عنا ، ويرجع إلى ظاهرة دوبلر التى تؤدى إلى إزاحة الخطوط الطيفية للنجوم المبتعدة نحو الطرف الأحمر للطيف

إعادة التطبيع Renormalizotion

مفردة : Sinyularity

نقطة فى المكان – الزمان يصبح انحناء المكان – الزمان عندها لامتناه . ونظرية المفردة تبين أنها لابد وأن توجد فى ظروف معينة ، وبالذات أن الكون قد بدأ ولابد بمفردة .

الكترونات قد بسطت Smeared out electrons

المكان – الزمان : Space - time

المكان ذو الأبعاد الأربعة (أبعاد المكان الثلاثة وبعد الزمان) ونقطه هـ هى الأحداث .

النسبية الخاصة Special relativity

نظرية إينشتين التى تتأسس على فكرة أن قوانين العلم ينبغى أن تكون متماثلة بالنسبة لكل القائمين بالملاحظة ممن يتحركون حركة حرة بصرف النظر عن سرعتهم .

لف الجسيمات . Spin of particles

القوة (النووية) القوية : Strong force

أقوى القوى الأربع الأساسية فى الكون وأقصرها كلها في المدى . وهى تمسك الكواركات معا في داخل البروتونات والنيوترونات ، وتمسك البروتونات والنيوترونات معا لتكون الذرات .

جسيمات تحت ذرية : Subatomic particlec

أى جسيم من مكونات الذرة .

جاذبية فائقة Super gravity

اشعاع فائق Super radiance

فضاء فائق Super Space

المذهب الطاوى : Taoism

فلسفة دينية مبنية على تعاليم لاوتسى ، وتعد أحد الأديان الثلاثة بالصين وهى الطاوية والبوذية والكونفوشيوسية . والطاو هو المبدأ الأول الذى انبثق منه كل وجود وتغير فى الكون

تاو : Tau

نوع من الليبتونات أى الجسيمات التى فى خارج النواة .

مبدأ عدم اليقين (لهايزنبرج) Uncertainty principle

مبدأ أساسى فى ميكانيكا الكم بأنه لا يمكن قط أن يتأكد المرء بالضبط من كل من موضع الجسيم وسرعته معا ، وكلما عرفنا واحدا منها بدقة أكبر قل ما نستطيع أن نعرفه عن الآخر .

بوزون ناقل : Vectov boson

الجسيمات الحاملة للقوى مثل الفوتون والجلون والجرافيتون ، وتعيش فحسب لجزء من الثانية أثناء نقلها لقوتها .

جسيمات دبليو (W) : W. Particles

جسيمات ناقلة للقوى (بوزونات) تنقل القوى المسئولة عن التحلل الإشعاعى أى القوى النووية الضعيفة، وهى من نوعين + W و W^-.
وهى من لف -١ وذات كتلة كبيرة جدا .

القوى الضعيفة (النووية) Weak force

ثانى أضعف قوة من القوى الأربع الأساسية ، ومداها قصير جدا ، وهى تؤثر فى كل جسيمات المادة ، ولكنها لا تؤثر فى الجسيمات حاملة الطاقة (البوزونات) وهى مسئولة عن التحلل الاشعاعى .

الوزن : Weighr

القوة التى يمارسها مجال الجاذبية على أحد الأجسام ، وهى تتناسب مع كتلته ولكنها ليست مماثلة لها .

قزم أبيض : White dwarf

عندما ينفد الوقود الذرى لأحد النجوم تتغلب قوى الجاذبية الداخلية على قوى تمدده بالتفاعلات الذرية ، فيتقلص النجم إلى حجم أصغر كثيرا ، ويعود ليستقر ثانية فى حجمه الصغير فى عديد من الحالات ، إحداها هى حالة القزم الأبيض ، وهو نجم بارد مستقر يقوم على التنافر بين الالكترونات حسب مبدأ الاستبعاد .

جسيم زد Z^{o} : Z^{o}particles

جسيم ناقل للقوة (بوزون) وهو ينقل القوى المسئولة عن التحلل الاشعاعى (القوة النووية الضعيفة) ، مثله فى ذلك مثل جسيمات دبليو W ، . وهو من لف ١- وله كتلة كبيرة جدا .

الفهرس

رقم الإيداع : ٤٣٧٥ / ١٩٩٢
I . S . B . N
977 - O7 - O775 - 2

كتاب الهلال القادم

قراءة فى طبقات وعى الناس

بقلم

د. يحيى الرخاوى

يصدر: ٥ يولية سنة ١٩٩٣

هذا الكتاب

تعريف ممتاز لأبرز علماء النصف الثانى من القرن العشرين وهو ستيفن هوكنج أستاذ الرياضيات بجامعة كمبردج . ويعرض الكتاب لتاريخ حياة هوكنج وصراعه الرهيب ضد مرضه المقعد الذى ألزمه كرسيه ذى العجلات . ومع ذلك فإن ذهنه المتألق ظل يعمل دائما بنشاط غريب ، وذاكرة أغرب تتيح له إملاء عشرات الصفحات من ذاكرته وقد امتلأت بمعادلات تتناول نظرياته المبتكرة عن أسرار الكون بأجرامه الضخمة من نجوم ومجرات ، وأصغر مكوناته من ذرات وجسيمات .

وقد أدت نظرياته هذه عن نشأة الكون ونهايته وعن الثقوب السوداء والمبدأ الانسانى ، وعن النظرية الموحدة الكبرى التى تفسر كل الفيزياء وكل الكون ، أدى هذا كله إلى أن أقر العلماء بأن هوكنج هو علامة رئيسية فى مسار الفيزياء بحيث يوضع فى مرتبة واحدة مع جاليليو ونيوتن وإينشتين .

والكتاب يعرض لكل هذا بأسلوب مبسط ممتع ومتعمق معا ، والكتاب هكذا مما لا غنى عنه لكل مثقف .

الاشتراكات

قيمة الاشتراك السنوى ٢١ جنيها فى ج.م.ع تسدد مقدماً نقداً أو بحوالة بريدية غير حكومية - البلاد العربية ٢٠ دولاراً - أمريكا وأوربا وآسيا وأفريقيا ٣٠ دولاراً - باقى دول العالم ٤٠ دولاراً .

القيمة تسدد مقدماً بشيك مصرفى لأمر مؤسسة دار الهلال . ويرجى عدم ارسال عملات نقدية بالبريد .

● وكلاء اشتراكات مجلات دار الهلال

الكويت السيد/ عبدالعال بسيونى زغلول ، الصفاة - ص ب رقم ٢١٨٣٣
للحصول على نسخ من كتاب الهلال اتصل بالتلكس 92703 Hilal.V.N

